Rui Otoniel R. Pimenta

FMEA

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS

(FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)

1º Edição

São José dos Pinhais

BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA

2022

Rui Otoniel R. Pimenta

FMEA

**Análise dos modos de falha e seus efeitos
(failure mode and effects analysis)**

1º Edição

**Brazilian Journals Editora
2022**

2022 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto ©2022 Os Autores
Copyright da Edição ©2022 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim
Diagramação: Sabrina Binotti
Edição de Arte: Sabrina Binotti
Revisão: O Autor

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil.
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil.
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil.
Prof^a. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining - Universidade Federal do Paraná, Brasil.
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil.
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal.
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil.
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil.
Prof^a. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil.
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil.
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia.
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil.
Prof^a. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil.
Prof^a. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil.
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Alexandra Ferronato Beatrice - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil.
Prof^a. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil.
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil.
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil.
Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil.

Profª. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil.

Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil.

Profª. Drª. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil.

Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil.

Profª. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai.

Profª. Drª. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil.

Profª. Drª. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil.

Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil.

Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil.

Profª. Drª. Ana Lúcia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil.

Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil.

Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil.

Profª. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil.

Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil.

Profª. Drª. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

Profª. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil.

Profª. Drª. Rita de Cássia da Silva Oliveira - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil.

Profª. Drª. Leticia Dias Lima Jedlicka - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil.

Profª. Drª. Joseina Moutinho Tavares - Instituto Federal da Bahia, Brasil.

Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro - Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

Profª. Drª. Christiane Saraiva Ogradowski - Universidade Federal do Rio Grande, Brasil.

Profª. Drª. Celeide Pereira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.

Profª. Msc. Alexandra da Rocha Gomes - Centro Universitário Unifacvest, Brasil.

Profª. Drª. Djanavia Azevêdo da Luz - Universidade Federal do Maranhão, Brasil.

Prof. Dr. Eduardo Dória Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Profª. Msc. Juliane de Almeida Lira - Faculdade de Itaituba, Brasil.

Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo - Universidade Federal Fluminense, Brasil.

Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon - Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

Profª. Drª. Rejane Marie Barbosa Davim - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.

Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior - Universidade Potiguar, Brasil.

Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira - Universidade Federal do Maranhão, Brasil.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil.

Profª. Drª. Ercilia de Stefano - Universidade Federal Fluminense, Brasil.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P644f Pimenta, Rui Otoniel R.

FMEA Análise dos modos de falha e seus efeitos (failure mode and effects analysis) / Rui Otoniel R. Pimenta. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2022.
61 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-81028-22-0

DOI: 10.35587/brj.ed.0001365

1. Ferramenta que auxilia na análise de falhas. 2. FMEA.
I. Pimenta, Rui Otoniel R.. II. Título.

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br

Ano 2022

O AUTOR

Rui Otoniel Rodrigues Pimenta – Especialista em Engenharia de Manutenção pelo Instituto de Educação Continuada da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, IEC/PUC-MG, Belo Horizonte, MG.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0782090319602696>

E-mail: ruioniel@gmail.com

APRESENTAÇÃO

Este trabalho consiste em sintetizar os estudos relacionados ao FMEA do inglês Failure Mode and Effect Analysis, que consiste de uma ferramenta de ampla aplicação em análise das falhas potenciais relacionadas ao projeto, processo, produto ou serviço, com proposições de ações de melhorias eficazes.

O presente tema é o resultado da motivação obtida por meus grandes mentores na área e pelo interesse em expor a experiência obtida em mais de quinze anos, com aplicações nas grandes empresas, setores e indústrias, bem como após longa dedicação aos estudos e docência do ensino superior.

O primeiro capítulo foi destinado a uma breve introdução sobre o tema e os principais conceitos chave. Os demais capítulos tratam sobre a aplicação, o desenvolvimento, a metodologia, implantação, documentação, requisitos e, por fim, diversas atividades, anexos e exercícios práticos desta importante ferramenta de análise

Assim sendo, convido a todos(as) os(as) leitores(as) para que façam uma excelente leitura e usufruam dos estudos aqui contemplados.

Tenham uma proveitosa experiência!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	1
INTRODUÇÃO	
CAPÍTULO 02	9
APLICAÇÃO DO MÉTODO	
CAPÍTULO 03	12
DESENVOLVIMENTO DO F.M.E.A	
CAPÍTULO 04	19
METODOLOGIA F.M.E.A.?	
CAPÍTULO 05	37
FLUXO PARA APLICAÇÃO DO FMEA	
CAPÍTULO 06	39
ELABORAÇÃO DO FMEA (PASSO $\subseteq$)	
CAPÍTULO 07	40
ORIENTAÇÕES BÁSICAS PARA O PREENCHIMENTO DO MÓDULO FMEA	
CAPÍTULO 08	49
ANEXOS	

CAPÍTULO 01

INTRODUÇÃO

Definição: A metodologia de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos, conhecida como FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo, por meio da análise das falhas potenciais e propor de ações de melhoria.

Como todos os métodos e conceitos hoje aplicados não são obras do acaso e sim a somatória de desenvolvimentos e observações de seus pesquisadores e no FMEA, não é diferente, e essas buscas vêm de uma necessidade latente em algum setor da sociedade, seja industrial militar, naval, aeroespacial, acadêmico farmacêutico, comercial entre outras.

A ferramenta FMEA, foi apresentada como uma norma militar americana, em 1949, e esse método visavam reduzir as ocorrências de falhas nos equipamentos bélicos da época, pois nesse período a indústria apresentava altos índices de falhas em seus produtos, e por se tratar de equipamentos de “guerra” essas falhas iriam comprometer as missões militares e custariam vidas, o que nas frentes de batalhas não era fácil a reposição, para um soldado a ser recolocado nos campos de batalha, demora próximo a 16 anos para estar apto ao treinamento mais ½ ano de treinamento, o que é um tempo demasiado para um enfrentamento militar.

Evolução Histórica do método de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos FMEA

1949 - Procedimento Militar (EUA) - MIL P-1629 (Procedimento para Executar uma Análise do Modo de Falha, Efeitos e Criticidade).

1960 - Primeira aplicação formal como uma inovação da indústria aeroespacial.

1993 - AIAG e a ASQC editaram o manual do FMEA, equivalente ao procedimento SAE J-1739.

1994 - É editada a QS-9000, estabelecendo a necessidade de FMEA no planejamento da qualidade dos produtos (APQP).

2008 – Nos dias de hoje aplicamos essa ferramenta como parte integrante dos desenvolvimentos de produtos, processos, sejam de maneira corretiva ou preventiva, e é também citada praticamente em todas as normas de Qualidade, principalmente as Automotivas.

O FMEA surgiu como disciplina aplicada na indústria aeroespacial em meados dos anos 60, como resultado da competição pela supremacia na conquista do espaço e apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em qualquer processo, seja administrativo ou mesmo a produtos não tangíveis/serviços. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos e farmacêutica.

Antes de iniciar sobre a metodologia FMEA, devemos entender alguns conceitos para depois sim, desenvolvermos a aplicação e utilização da ferramenta.

1.1 Tipos de FMEA

A ferramenta FMEA ainda pode se dividir em basicamente duas aplicações, no projeto e no processo, onde é identificada como DFMEA, *Design Failure Modes and Effects Analysis*, PFMEA, *Process Failure Modes and Effects Analysis*, Podendo tendo ainda outras variações.

A ferramenta pode ainda ser utilizada de maneira corretiva, seja nos processos, produtos e projeto, isso quando os objetivos de Qualidade e confiabilidade não são alcançados.

Mas antes de iniciarmos esse detalhamento é muito importante rever alguns conceitos abaixo indispensáveis para a aplicação da técnica FMEA.

1.2 Confiabilidade

Um conceito que importantíssimo para a elaboração correta de um projeto de FMEA é o de **CONFIABILIDADE**, que segundo Gil Branco é: ***Confiabilidade é a probabilidade de um produto, equipamento ou sistema,***

desempenhar suas funções especificadas sem falhar durante um tempo determinado, e sob condições preestabelecidas. Com isso os engenheiros estudaram maneiras e métodos de prever o desempenho de equipamentos ou sistemas ao longo do tempo e com técnicas de redução dos índices de falhas durante a vida útil e também reduzir as falhas no desenvolvimento dos produtos, mesmo ainda no estágio de projeto.

Segundo Monchy (1989), o conceito de confiabilidade contém quatro elementos significativos:

1 - Probabilidade: associada a conceitos estatísticos. Números de casos favoráveis por número de casos possíveis. A confiabilidade é uma probabilidade. É ela que caracteriza a diferença entre equipamentos da mesma natureza. A probabilidade permite saber o quão é a aptidão de um equipamento funcionar sem falha durante um certo tempo. É admitida uma possibilidade de falha do item, que pode ser um produto, equipamento ou sistema;

2 - Desempenhar uma função requerida: associado a um determinado padrão de uso ou cumprir uma missão ou fazer o serviço esperado. A definição da função requerida implica um patamar de admissibilidade abaixo do qual a função não é mais satisfeita;

3 – Condições de uso: associadas a condições de uso (sobrecarga, alívio), considerando as condições ambientais que geram as falhas (temperatura, vibrações, radiações, etc), e as condições de manutenção (reparo, substituição, etc.);

4 - Dado Período de tempo: associado ao tempo de funcionamento, a duração da missão em unidades de uso, um número de ciclos ou quilometragem. A confiabilidade decresce ao longo do uso, conseqüentemente, deve ser a ele relacionada, podendo ser alterada por ações de manutenção (corretiva, preventiva sistemática ou de condição).

Com o objetivo de estabelecer uma maneira de quantificar esses elementos hoje é aplicado algumas formas como poderemos ver abaixo.

Os engenheiros utilizaram formas matemáticas como:

- **Função exponencial**, técnica que parte da premissa de que o índice de falhas de um produto permanecia relativamente inalterado durante toda sua vida útil;

- **Distribuição de Weibul**, técnica que permite visualizar que as taxas de falhas aumentassem ou diminuíssem com o tempo, se os produtos melhorassem ou deteriorassem sua performance com a idade;

- **Curva da banheira**, que afastava a premissa de que as taxas fossem constantes ou variassem regularmente no tempo, argumentando, ao invés disso, que o que havia era um período de adaptação, um período de operação normal e uma fase de desgaste. Podemos observar abaixo alguns exemplos dessa técnica.

Figura 01- Curva da banheira clássica

Para melhorar a confiabilidade dos produtos e reduzir as taxas de falhas ao longo do tempo aplica-se a técnica: Análise dos Modos Falhas e seus Efeitos (FMEA), que examina sistematicamente como um produto ou sistema pode falhar e, com base nisso, propõem projetos alternativos; a análise de componentes individuais cálculo da probabilidade de falha de componentes chaves e, feito isso, procura eliminar ou reforçar os elos mais fracos, ou melhor os de menor confiabilidade;

Como Confiabilidade é um conceito probabilístico, pois o grau de certeza é tratado como probabilidade, é necessário que se tenha certa familiaridade com os conceitos de Probabilidade e Estatística, pois sem esses conhecimentos poderemos incorrer em falhas de interpretações nocivas ao desenvolvimento da técnica.

Um fato que merece ser citado é o fato da confiabilidade poder ser aplicado de duas maneiras distintas, como pode ser verificado nas várias formas de calcular a confiabilidade segundo a NBR 5462/1994 Confiabilidade e Manutenibilidade, nos itens 2.13 Medias de Confiabilidade em seus itens, **2.13.1 Confiabilidade símbolo $R(t_1, t_2)$** de item a item, **2.13.2 Taxa de Falha instantânea símbolo (λt)** , **2.13.3 Taxa de Falha Média símbolo $\lambda(t_1, t_2)$** , **2.13.4 Intensidade de Falha Instantânea símbolo $Z(t)$** e **2.13.5 Intensidade de Falha média símbolo $Z(t_1, t_2)$** e podemos destacar um ponto de atenção na norma acima que é

Segundo a NBR 5462/1994 podemos citar que:

“2.12.5 Disponibilidade assintótica; símbolo: A Limite, se existir, da disponibilidade instantânea, quando o tempo tende ao infinito, usado em modelos matemáticos. Nota: Sob certas condições, por exemplo para taxa de falha e taxa de reparo constantes, a disponibilidade assintótica pode ser expressa pela equação: $A = (MUT)/(MUT+MDT)$. Probabilidade de um item poder desempenhar uma função requerida, sob dadas condições, durante um dado intervalo de tempo (t_1, t_2). Notas: a) Supõe-se que o item esteja em condições de desempenhar a função requerida no início do intervalo de tempo. b) Também chamada “Taxa de êxito”. Onde: 2.13.2 Taxa de falha instantânea; símbolo: (λt) MDT = tempo médio de indisponibilidade (mean down time) MUT = tempo médio de disponibilidade (mean up time)”.

Como esse relato da norma sobre forma de calcular a confiabilidade podemos aplicar para produto, para o processo análise de confiabilidade de equipamento por equipamento, ou por plantas fabris. O Desenho abaixo ilustra uma das formas que pode ser calculado conforme item **2.13.1 Confiabilidade** símbolo **R($t_1 t_2$)** a fórmula mais usual:

R (r escavadeira X r Britagem primária X r peneiramento a seco X espessador de lama)

Fonte: O autor.

1.3 Durabilidade

Outra dimensão que deve ser comentada é a durabilidade também associada a confiabilidade. Durabilidade é a medição de vida útil do produto,

equipamento ou sistema, que pode ser analisada sob os aspectos técnicos e econômicos. Tecnicamente, durabilidade é o uso proporcionado por um produto até o fim de sua deterioração física (exemplo: lâmpada).

No caso de produtos e equipamentos que permitem reparos, a durabilidade adquire uma outra conotação, que envolve mudança de gastos e aspectos econômicos. Nesta condição, a durabilidade passa a ser o uso proporcionado pelo produto até ele falhe ou se quebre ou ainda que seu custo de reparo não seja compensador, tornando preferível a substituição. Além do custo, aspectos como transtornos pessoais futuros, pelas mudanças de moda, pelo custo das interrupções de trabalho, etc. (o utilize como sinônimo a durabilidade com o conceito de confiabilidade).

Neste aspecto, muitas empresas vêm oferecendo garantias adicionais (vide exemplo da TV com garantia de “2 copas”), ou mesmo sem limite de prazos para seus produtos. Segundo o Taguchi, “a durabilidade é uma área potencialmente fértil para maior diferenciação da qualidade”. Comenta ainda que a confiabilidade e a conformidade estão intimamente ligadas à abordagem da qualidade baseada na produção. Melhorias de durabilidade em ambas as dimensões representam reduções de defeitos, falhas após a venda, etc.

1.4 Objetivos Básicos do FMEA

Desde que existe o conceito de projetar e desenvolver produtos, ou os processos para obtê-los, existe a busca da sua idealização; assim, o quê, como, porquê, quem, onde e como irá falhar sempre fizeram parte do ideário do projetista. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, **detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com uma utilização, se está diminuindo as chances do produto e/ou processo falhar, ou seja, estamos buscando aumentar sua confiabilidade.**

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornando cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo.

Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mal funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário. Isso tudo sem contar com os custos da falha para as empresas, seja pelo custo da reparação e até mesmo pela imagem do produto, como podemos lembrar daquele produto que na infância dizia **C**onserta, **C**onserta, **E**straga.

CAPÍTULO 02

APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para uma perfeita aplicação do FMEA é necessário que os profissionais que irão desenvolver o método tenham a visão e o conhecimento que a ferramenta deve ser utilizada em conjunto com outras, como podemos citar abaixo. As técnicas chamadas Análise de Perigo, poder ser utilizados ferramentas em conjunto como por exemplo, Análise dos Modos das Falhas e Seus Efeitos (FMEA) e Árvore de Falhas (FTA) ajudam o Projeto a criar produtos mais confiáveis. A Confiabilidade do produto é consequência das confiabilidades dos componentes, como já citado anteriormente, neste caso devemos entender o produto como sendo um sistema cuja confiabilidade depende dos seus componentes.

É claro que se o processo de fabricação não é adequado às especificações do projeto, o produto não terá qualidade. Deve-se então projetar ou escolher um processo que esteja em conformidade com as exigências do projeto, ou seja o processo que deve ser capaz, capacidade esta medida por índices como C_p e C_{pk} . O processo também precisa ser controlado para manter sua capacidade e para isto utilizam-se as técnicas do CEP (Controle Estatístico do Processo). Também devem ser implantados programas que assegurem a Qualidade dos processos e produtos.

Outro método largamente utilizado em conjunto com FMEA é o QFD, Desdobramento da Função Qualidade, todo esse aparato de técnicas visa basicamente aumento da confiabilidade e redução de custos. A técnica do FMEA também é usada para analisar os processos de fabricação, para evitar que estes apresentem problemas que vão comprometer a qualidade do produto ao longo de sua vida útil.

2.1.1 O FMEA e a iso 9000

Pode ser utilizado como ferramenta eficaz no elemento Ação Preventiva, quer para produto / processo novo ou modificado, quer para outros processos, que não aqueles usados para obter o produto.

2.1.2 O FMEA e a QS-9000 (3ª Edição)

A Norma QS 9000, iremos citar pois foi a que mais difundiu a aplicação para sistemas e automotivos, especifica o FMEA como um dos documentos necessários para um fornecedor submeter uma peça/produto à aprovação da montadora.

Este é um dos principais motivos pela divulgação desta técnica. Deve-se no entanto, implantar o FMEA em uma empresa, visando-se os seus resultados e não simplesmente para atender a uma exigência normativa.

Além, dos elementos da Seção I, também se aplica em:

Seção I - - Planejamento da Qualidade.

Seção I - - PPAP - Processo de Aprovação de Partes de Produção.

Seção I - - Gerenciamento das Instalações e Ferramental.

Seção II - Requisitos Específicos dos Clientes.

2.2 Tipos de FMEA e suas aplicações

A aplicação do método de FMEA visa basicamente obter a confiabilidade necessária, dos produtos em seus processos e com seu projeto determinado. Para tanto podemos realizar a FMEA de Projeto DFMEA, isso nas fases que antecedem as primeiras “pré-series” ou protótipos, com essa aplicação já é possível determinar capacidades de processos e seus equipamentos, determinar a confiabilidade do produto e estimar seu ciclo de vida. Já com a FMEA de Processos, PFMEA, é possível corrigir ajustes em máquinas, determinar parâmetros de controle, definir instrumentos de controle em processo. Com a FMEA do produto é possível determinar um plano de substituição de peças, determinar ações de aumento da durabilidade, além de estimar custos ao longo do ciclo de vida do produto.

Fases do ciclo de vida do produto

Figura 03 - Fases do ciclo de vida do produto

Fonte: O autor.

Entre as várias Atividades, Técnicas e Métodos utilizados para obter e melhorar a **Qualidade** e a **Confiabilidade** dos Produtos e processos, destacam-se:

Tabela 01 – Atividades Técnicas

1	Utilização de Especificações do produto normalizadas;
2	FMEA - Análise dos modos de falha e seus efeitos;
3	FTA - Análise da Árvore de Falhas;
4	CEP - Controle Estatístico do Processo;
5	Aplicação de redundâncias no projeto e produto
6	Grupo de Solução de Problemas;
7	Modificações técnicas no projeto e produto e processo;
8	Certificação dos Fornecedores;
9	Análise de Custos por ciclo de Vida;
10	Plano de controle de Produto e Processo;
11	TPM- Aplicação Manutenção Produtiva Total nos Equipamento
12	Análise de Risco de Projeto, Produto e Processo;
13	RCM – Manutenção Centrada em Confiabilidade

Fonte: O autor.

Essas técnicas devem ser utilizadas e largamente aplicada no dia a dia das organizações, para tanto é importante lembrar que essas técnicas deve se basear em dados, especificações, confiáveis, pois qualquer dúvida das informações a serem utilizadas pode comprometer os resultados dos trabalhos.

CAPÍTULO 03

DESENVOLVIMENTO DO F.M.E.A

Uma das técnicas utilizadas para melhorar a confiabilidade de um produto (no projeto e processo) é a **FMEA**. (Sigla que vem do inglês), Failure, Modes, and Effects, Analysis, ou simplesmente Análises dos Modos das Falhas e seus Efeitos.

Irei relembrar os objetivos da aplicação do FMEA relatando abaixo.

Vantagens previstas: (O que é possível através do FMEA)

- ✓ Diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos.
- ✓ Identificar itens Críticos de segurança.
- ✓ Determinar quais outras características do produto / processo necessitam de controles adicionais, aumentando a confiabilidade.
- ✓ Rever controles atuais em produtos / processos existentes, buscando a eliminação de controles desnecessários e melhorando aqueles ineficientes.
- ✓ Auxiliar no projeto do processo, indicando as operações e/ou circunstâncias em que o processo pode falhar, promovendo a melhoria contínua do processo através da prevenção.
- ✓ Indicar prioridades de implantação para as Ações Corretivas necessárias.
- ✓ Diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.
- ✓ Redução do número de modificações de equipamentos, máquinas, instalações e seus agregados (Ex. estampos, ferramentais, etc.).
- ✓ Redução de custos de eventuais modificações (uma modificação custa muito menos quando é feita no papel do que quando realizadas efetivamente em máquinas, instalações e equipamentos).
- ✓ Redução do tempo de desenvolvimento de novos produtos (as modificações no papel são muito mais velozes do que aquelas realizadas efetivamente em máquinas, instalações e equipamentos).

- ✓ Redução dos custos de assistência em garantia
- ✓ Redução dos custos por refugos internos de produção.
- ✓ Menor risco para a responsabilidade objetiva do construtor.

Esta técnica requer, além de um profundo conhecimento do projeto e processo do produto, o uso do bom senso de cada participante, na elaboração das análises.

3.1 Metodologia

1. São analisadas as peças do produto e/ou as operações do processo, identificando as funções de cada características existentes nos mesmos.

2. Para cada peça ou operação não são consideradas todas as possíveis falhas.

3. A análise é desenvolvida passo a passo e anotada nos espaços adequados.

3.1.2 Por quê elaborar a FMEA?

A FMEA, se feita preventivamente, permite eliminar as possíveis causas das possíveis falhas. Desta maneira será reduzido o defeito do produto, sistema ou processo melhorando assim a sua confiabilidade.

3.1.3 Quando elaborar ou revisar a FMEA?

A FMEA deve ser elaborada ou revisada em todas as etapas de projeto e construção de um determinado produto (projeto, experimentação, equipamentos, produção e utilização ou uso).

► PRODUTO OU PROCESSO NOVO

Quando da implantação de produtos e processos novos, a elaboração do FMEA deve acontecer durante a definição do produto, antes do desenvolvimento do projeto do ferramental e compra das máquinas e equipamentos que farão parte do processo de produção, ou alteração dos meios de controle.

► ALTERAÇÃO SIGNIFICATIVA DO PRODUTO OU PROCESSO

Toda e qualquer alteração significativa do produto e/ou processo, deverá receber uma análise prévia por parte do setor da Qualidade, quanto à necessidade de execução ou revisão do FMEA.

► TRANSFERÊNCIA DE FERRAMENTAL EXISTENTE À OUTRA INSTALAÇÃO FABRIL

Sempre quando da transferência do ferramental de uma máquina especificada, para outra semelhante em decorrência de quebra, aumento da produção, tecnologia de grupo, etc, recomenda-se analisar o FMEA atual, para sabermos da real necessidade de elaboração ou não de um novo FMEA decorrente da mudança de equipamento.

► DESENVOLVIMENTO OU MUDANÇA DE FORNECEDORES

Quando do desenvolvimento de novos fornecedores ou quando da troca de fornecedores, é importante a realização do FMEA, pois o cliente terá desde o início, o conhecimento do processo de fabricação, armazenagem e transporte do seu produto e os meios de controle utilizados para a garantia da qualidade requerida.

► EXISTÊNCIA DE PROBLEMAS DE QUALIDADE NO PROCESSO

Através dos indicadores da Qualidade utilizados durante os processos produtivos ou administrativos, poderemos identificar pontos no processo que necessitam melhorar o seu nível de Qualidade, podendo através do FMEA estabelecer as medidas preventivas e corretivas, para um melhor desempenho.

3.2 Tipos de FMEA

Abaixo está descrito de maneira reduzida os tipos de FMEA e suas aplicações.

3.2.1 FMEA de Projeto / Produto - DFMEA

É o FMEA utilizado no projeto e desenvolvimento do produto (novo ou modificado) da empresa, como um meio para assegurar, na extensão possível, que os potenciais modos de falha do produto sejam identificados e avaliados e

que, para cada potencial modo de falha, sejam identificadas as potenciais causas de falha.

Características do DFMEA

✓ DFMEA deve ser elaborado para cada parte / componente, sub-sistema ou sistema. Por exemplo, para um veículo, devem ser elaborados DFMEA's para todas as partes (pneus, rodas, chapas), sistemas (sistema de freio, sistema elétrico), sub-sistemas (acionamento elétrico de vidros), bem como para todo o veículo.

✓ A participação do cliente é necessária, podendo ser na equipe de FMEA ou na aprovação do mesmo. Por exemplo, o cliente pode avaliar melhor a Severidade de um efeito de falha.

✓ Um modo potencial de falha em um DFMEA de um sub-sistema pode ser a causa de um modo de falha de um FMEA de sistema, que compreenda aquele sub-sistema, ou pode ser o efeito potencial de falha de um componente que fará parte do sub-sistema.

✓ Cada item classificado como característica especial em um DFMEA deve ter controle de processo identificado no PFMEA.

✓ A redução do índice de Severidade (S) só ocorre quando se altera a concepção do projeto.

✓ A redução do índice de Ocorrência (O) se dá somente pela remoção ou controle de uma das causas do modo de falha através de uma revisão de projeto.

✓ A redução do índice de Detecção (D) resulta de uma melhoria do controle de projeto (análises críticas de projeto, verificações de projeto etc.).

✓ Quando muitas causas ou causas com interação estão presentes.

✓ Formulário de DFMEA deve ser usado nos casos de FMEA de projeto do produto da empresa (ver anexos).

3.2.2 FMEA de Processo (PFMEA)

É o FMEA utilizado no projeto e desenvolvimento do processo de obtenção de um produto (novo ou modificado) da empresa, e do processo

(novo ou modificado) de um produto existente da Empresa, como um meio para assegurar, na extensão possível, que os potenciais modos de falha do processo sejam identificados e avaliados e que, para cada potencial modo de falha, sejam identificadas as potenciais causas de falha.

CARACTERÍSTICAS DO PFMEA:

- ✓ O PFMEA deve ser elaborado para todos os processos utilizados para obtenção de novos produtos e produtos modificados ou para novos processos de produtos existentes.

- ✓ O DFMEA (ou informações equivalentes) deve ser utilizado para elaborar o PFMEA. O PFMEA pode, ou não, ser objeto de aprovação pelo cliente.

- ✓ O potencial modo de falha de um PFMEA pode ser a causa associada ao modo potencial de falha de um processo subsequente, ou pode ser o efeito de falha de um processo anterior.

- ✓ Cada item classificado como característica especial num PFMEA deve ser passado para os documentos de engenharia de produção.

- ✓ A redução do índice de Severidade (s) só ocorre quando uma alteração na concepção do projeto ou do processo é realizada.

- ✓ A redução do índice de Ocorrência (O) só ocorre quando uma revisão de projeto ou de processo é realizada.

- ✓ A redução do índice de Detecção (D) também é realizada por uma revisão do projeto ou do processo, uma vez que melhorar mecanismos de detecção (como inspeção) é caro e ineficaz quanto à melhoria da qualidade.

- ✓ O formulário de PFMEA deve ser usado nos casos de FMEA de processo de obtenção do produto da empresa (ver anexos).

3.4 Planejando o FMEA?

Antes de iniciarmos o desenvolvimento da metodologia, é sempre bom lembrar de realizar um planejamento, e para esse planejamento ser completo, e não gerar dúvidas que tomam muito tempo durante a execução

dos trabalhos. Podemos utilizar algumas perguntas para facilitar essa etapa como por exemplo:

- Quem deve ser o responsável pelo FMEA?
- Quem deve e como deve participar?
- As pessoas selecionadas terão disponibilidade?
- Devemos avaliar o sistema, subsistema, ou componentes individuais?
- Quando devemos começar o FMEA?
- Podemos começar o FMEA durante o desenvolvimento do FMEA de Projeto?
- Devemos considerar isso um modo de falha?
- Esse é o modo de falha ou efeito ou causa?
- Devemos classificar a ocorrência e a detecção do modo de falha ou devemos classificar a ocorrência e a detecção da causa?
- Que classificação devemos atribuir às escalas?
- Como podemos atribuir valores com precisão quando a equipe não chega a um acordo?
- Devemos elaborar o FMEA avaliando cada modo de falha da esquerda para a direita ou há alguma vantagem em construir inteiramente cada coluna antes de passar à coluna seguinte?
- Estamos fazendo isso corretamente?

Todas essas perguntas podem ser abordadas na fase de planejamento, a algumas que são específicas à definição das especificações e diretrizes do FMEA e outras para dar dinâmica aos trabalhos.

A FMEA é feita pelas áreas diretamente envolvidas no projeto do produto / sistema e na fabricação / desenvolvimento dos mesmos.

Tabela 02 - Exemplos da formação do time de trabalho

FMEA DE PROJETO	FMEA DE PROCESSO
• Projeto	• Tecnologia
• Experimentação	• Métodos
• Confiabilidade	• Confiabilidade
• Tecnologia	• Qualidade
• Qualidade	• Produção
• Assistência técnica	• Compras

• Compras	• Fornecedores
• Fornecedores	• Manutenção
• Marketing	• Projeto

Fonte: O autor.

FMEA: DOCUMENTO, DADO OU REGISTRO?

O formulário FMEA é um documento “vivo”, ou seja, uma vez realizada uma análise para um produto/processo qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico. Além disso, mesmo que não haja alterações deve-se regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo Time.

✓ A emissão inicial de um FMEA promove ações preventivas, enquanto revisões podem promover ações preventivas (se emitidas antes do evento) ou ações corretivas (se emitidas após o evento).

✓ Quando o FMEA for tratado como uma ferramenta exclusiva de ações preventivas (em casos de FMEA usado como ferramenta generalizada), ele pode ser encarado como um registro da reunião em que foi realizado e, após ser analisado criticamente e aprovado, ser considerado como um dado, para tomada das ações preventivas (que serão tratadas em outro formulário e com outra metodologia).

✓ As revisões de um FMEA tratado como documento, se conservadas em arquivo como obsoletas, também podem ser encaradas como registros das reuniões em que foram realizadas.

✓ A revisão de um FMEA, em geral, não deve ser encarada como uma verificação da eficácia da ação preventiva dela decorrente.

CAPÍTULO 04

METODOLOGIA F.M.E.A.?

Como fazer?

A FMEA é feita seguindo sistematicamente as 20 fases subsequentes:

Tabela 03 - Fases

1	Formação do grupo de trabalho;
2	Definição do assunto;
3	Descrição do produto/processo;
4	Funções do produto/processo;
5	Modos de falha;
6	Efeitos dos modos de falha;
7	Causas dos modos de falha;
8	Formação dos trios;
9	Medidas de controle;
10	Estima da pontuação da Ocorrência (O);
11	Estima da pontuação da Severidade (S);
12	Estima da pontuação de Detecção (D);
13	Cálculo do RPN = O x S x D ;
14	Escolha do RPN a ser melhorado;
15	Providências de melhoramento;
16	Responsabilidades e prazos;
17	Estima das novas pontuações (O ; S ; D ; RPN)
18	Desenvolvimento de ações corretivas;
19	Providências tomadas e datas correspondentes.
20	Verificação da eficácia das ações corretivas.

Fonte: O autor.

DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA ELABORAÇÃO DO FMEA:

- ✓ Reúna os documentos / dados e registros, se aplicável;
- ✓ Desenhos, especificações, planos e normas envolvidas;
- ✓ Peças e/ou conjuntos para análise;

- ✓ Lista de falhas com frequência de ocorrência (Tendências)
- ✓ Reclamações / Informações de clientes
- ✓ O DFMEA, se for um PFMEA e vice-versa, se disponível;
- ✓ FMEA's similares;
- ✓ Revisões anteriores do FMEA;
- ✓ Fluxogramas do processo de fabricação
- ✓ Planos de Inspeção
- ✓ Indicadores da Qualidade
- ✓ Relatórios de devolução
- ✓ QFD, se disponível;
- ✓ Benchmarks;

O documento de convocação para as reuniões de FMEA deverá informar o produto em análise, a pauta da reunião e as pessoas envolvidas.

4.1 Formação do time de trabalho

O Time de Trabalho deve ser constituído por especialistas diretamente envolvidos no projeto ou no processo.

Deverá ser formado por quatro a sete pessoas escolhidas dentre as áreas interessadas. Todos os membros do Time de Trabalho devem sempre estar presentes nas reuniões. No Time de Trabalho é nomeado um Team Leader, que pode ser o projetista do produto na FMEA de Projeto e o Técnico ou Tecnólogo na FMEA de processo.

Inclua, quando aplicável:

- ✓ Pessoas envolvidas com o objetivo do FMEA;
- ✓ Especialistas;
- ✓ Clientes ou sub-contratados.

ELEMENTOS CHAVE NO TIME DE TRABALHO:

- ✓ Desenvolvimento ou Projeto do Produto ou Sistema
- ✓ Processo
- ✓ Qualidade
- ✓ Produção

Obs.: A falta de qualquer um dos elementos do grupo pode comprometer significativamente o desenvolvimento dos trabalhos e a elaboração do FMEA.

FUNÇÃO DO TEAM LEADER:

- ✓ Convocar o Time de Trabalho
- ✓ Definir o tipo da FMEA (preventivo, corretivo, projeto ou processo)
- ✓ Programar as reuniões
- ✓ Elaborar cronograma de implantações
- ✓ Distribuir cópias aos envolvidos
- ✓ Programar e coordenar as revisões do FMEA
- ✓ Controlar o arquivamento do FMEA

O desenvolvimento de FMEA se faz geralmente através de reuniões periódicas e previamente programadas. Estas reuniões devem ser agendadas com antecedência de no mínimo uma semana, para que os envolvidos possam se programar e preparar a documentação necessária.

4.2 Definição do assunto

O Time de Trabalho define objetivamente o tipo, o título e o assunto da FMEA.

A importância da definição e da descrição (Fase 3) deve-se à necessidade de identificar o âmbito e a finalidade do trabalho. Presume-se que tudo que tenha ficado dentro da definição/descrição tenha sido amplamente analisado.

Use fontes, tais como:

- ✓ Exigências do cliente;
- ✓ Exigências de Normas (p.ex. QS-9000);
- ✓ Necessidade de Ação Preventiva.

4.3 Descrição do produto/processo

O Time de Trabalho recolhe e relata todas as informações para descrever de maneira objetiva o assunto: descrições, número de matrícula, de

desenho, referencias normativas, especificações, procedimentos, ciclos de trabalho, de inspeção, fluxogramas, etc.

Pode ser útil representar com gráficos as relações funcionais entre interno/externo. Nessa fase é feita a decomposição dos componentes do produto e das fases do processo.

Figura 04 - Exemplo de gráfico funcional entre interno / externo:

Fonte: O autor.

4.4 Funções do produto / processo

O Time de Trabalho descreve catalogando as funções e operações do produto e/ou processo a partir das normas, especificações, informações do marketing e suas experiências. O Time de Trabalho atribui as funções catalogadas e se necessário, novas funções a cada peça ou cada fase do processo. As funções devem ser definidas tecnicamente, no que diz respeito aos rendimentos esperados.

FALHA POTENCIAL E FALHA REAL

Qualquer falha pode ser:

- REAL: Relativa a eventos já ocorridos (associada ao conceito de AÇÃO CORRETIVA).
- POTENCIAL: Relativa a possíveis eventos ainda não ocorridos (associada ao conceito de AÇÃO PREVENTIVA).

Assim, podemos dizer que um FMEA poderia ser elaborado para falhas reais ou potenciais, embora as definições sejam invariavelmente ligadas a falhas potenciais.

4.5 Modos de falha

É A MANEIRA PELA QUAL UM PRODUTO OU PROCESSO FALHA.

A maior (e primeira) dificuldade na elaboração de um FMEA é a definição do modo de falha.

O modo de falha só pode ser definido após a escolha do cliente.

✓ MODO DE FALHA - CLIENTE INTERNO

É o EVENTO associado ao fornecedor interno do cliente interno considerado.

✓ MODO DE FALHA - CLIENTE EXTERNO

É o EVENTO associado ao último fornecedor (interno) do FORNECEDOR, que se relaciona com o CLIENTE (externo).

Esquematicamente:

Figura 05 - Esquema.

Fonte: O autor.

Se o cliente definido for C (cliente interno) o modo de falha é o evento associado a F

Se o cliente definido for C (cliente externo) o modo de falha é o evento associado a F

Para cada função catalogada na fase anterior devem ser indicados os possíveis modos de falha. A falha se define com a queda da função, ou seja,

“Passagem de uma condição de conformidade a uma condição de não-conformidade”. O modo de falha é a descrição de como se evidencia a queda da função. Em caso de dúvida aplicar o seguinte gráfico:

Os modos de falha são obtidos a partir de dados históricos, das experiências do Time de Trabalho e de dados experimentais e, normalmente, apresentam-se em quantidade superior a um.

Para cada função catalogada utilizar até três modos, obtendo-se assim a lista estruturada dos modos de falha.

Tabela 04 - Alguns exemplos de modo de falha.

PROJETO	PROCESSO
Deformação	Matéria prima errada
Achatamento	Sopro
Dobramento	Porosidade
Amassadura	Impureza
Descoloramento	Repuxamento
Ruptura por fadiga	Falta de furo
Ruptura por impacto	Rugosidade excessiva
Corrosão	Revestimento errado
Desgaste	Corpos estranhos
Trinca	Montagem errada
Queimadura	Soldagem defeituosa
Laceração	Dimensões fora da tolerância
Estiramento	Tratamento térmico errado

Engripamento	Conexão defeituosa
Afrouxamento	Danificação
Vazamento	Saída de ar insuficiente
Desequilíbrio	Bloqueio defeituoso
Jogo excessivo	Proteção inadequada
Deslizamento	Processo fora da capacidade
Infiltração	Transporte inadequado
Obstrução	Curso irregular do mandril
Vibração	Velocidade de avanço errada
Barulho	Manutenção insuficiente
Curto circuito	Ciclo térmico não conforme

Fonte: O autor.

4.6 Efeitos dos modos de falha

SÃO TODOS OS EVENTOS GERADOS PELO MODO DE FALHA NO CLIENTE É COMO O CLIENTE (INTERNO OU EXTERNO) PERCEBE A FALHA

Para cada modo de falha catalogado na fase anterior, devemos indicar possíveis efeitos. O efeito é uma consequência da falha ou seja, é a negação da função, mas devemos considerar que uma cadeia de efeitos pode surgir até que sejam percebidos pelo usuário do produto.

Os efeitos a serem considerados são aqueles finais para o usuário, ou seja, os mais graves e significativos.

Alguns exemplos de efeitos:

- ✓ Sistema deixa de funcionar
- ✓ Superaquecimento
- ✓ Rendimento insuficiente
- ✓ Perda de fluido
- ✓ Entrada de corpos estranhos
- ✓ Consumo excessivo
- ✓ Vibrações
- ✓ Defeitos estéticos
- ✓ Barulho

- ✓ Esforço excessivo para operar
- ✓ Dificuldade de fechamento / abertura
- ✓ Operação difícil / irregular / incerta
- ✓ Má estabilidade
- ✓ Falta de controle
- ✓ Incêndio
- ✓ Perda de visibilidade da operação
- ✓ Emissão de poluente
- ✓ Sistema não interrompe o funcionamento
- ✓ Falta de conformidade

4.7 Causas dos modos de falha

➤ SÃO TODOS OS EVENTOS QUE GERARAM O MODO DE FALHA

Assim, CAUSA(s) gera(m) MODOS, que gera(m) EFEITO(s):

Para cada modo de falha catalogado na Fase 5 devemos indicar as possíveis causas que poderiam estar originando-os.

Inadequações de características do produto (FMEA de projeto) ou anomalias de processo (FMEA do processo) devem ser pesquisadas como causas.

As causas são obtidas a partir de dados históricos, da experiência do Time de Trabalho e do Diagrama de Ishikawa. Em geral ocorrem mais de uma causa para cada modo de falha (considerar somente as três causas mais significativas para cada modo de falha catalogado).

Tabela 05 - Alguns exemplos de causas dos modos de falhas.

FMEA DE PROJETO	FMEA DE PROCESSO
Material não adequado	Material não conforme
Especificação errada	Montagem errada
Subdimensionamento	Trabalho não conforme
Instabilidade	Corrente elétrica irregular
Tolerâncias erradas	Pressão inconstante
Lubrificação insuficiente	Descalibragem dos meios de controle
Rugosidade excessiva	Desgaste do apalpador
Ventilação inadequada	Movimentação inadequada
Revestimento insuficiente	Ferramenta errada
Proteção inadequada	Manutenção carente
Interferência	Ferramenta desgastada
Acesso difícil	Condições ambientais inadequadas
	Processos incapazes

Fonte: O autor.

4.8 Formação dos trios e preenchimento do módulo FMEA

Levando em consideração as 3 listas obtidas: modos de falha, efeitos e causas, devemos formar todos os trios possíveis combinando entre si os itens compatíveis. A partir deste momento a análise de cada trio será feita isoladamente. Os trios devem ser colocados no módulo FMEA, um por vez. Na primeira coluna, fazer uma breve descrição do sistema ou do componente ou da fase do processo e em seguida preenche-se então o trio correspondente.

Ou seja:

4.9 Medidas de controle previstas

Para cada trio devem ser indicados os controles existentes para prevenir ou caracterizar a causa ou o modo de falha. Para projetos ou processos novos para os quais os controles previstos inexistem, é necessário supor um plano de controle análogo e semelhante àqueles já existentes. São assim, medidas dedicadas à prevenção e/ou à individualização das causas específicas de falhas. As medidas de controle devem ser mencionadas no local apropriado, objetivamente descritas.

Figura 06 - Exemplos de medidas de controle.

Fonte: O autor.

As pontuações iniciais de probabilidade e de detectabilidade, descritas nos itens sucessivos, serão baseadas sobre estas medidas.

Não serão aqui consideradas as medidas que se pretendem introduzir ou implementar e que já estejam nas especificações técnica ou nos standards de produção.

Se após a FMEA, notar-se a necessidade de outros controles específicos, estes devem ser relacionados no item “Providências Melhorativas Recomendadas”.

4.10 Estima de pontuação da ocorrência (o)

Para cada trio deve ser estimada a probabilidade de ocorrência, **no processo produtivo**, da causa do modo de falha resultar no modo de falha.

Esta estimativa de probabilidade é avaliada de forma Subjetiva pelo TIME DE TRABALHO que a pontua referenciado em uma escala de 1 a 10.

Quadro 01 - Quadro resumo para ocorrência (o)

PONTUAÇÃO (P) ou (O)	PROBABILIDADE DE FALHA	FREQÜÊNCIA RELATIVA	Cpk (PROCESSO) (*)
1	Improvável	≤ 1 em 1.500.000	$\geq 1,67$
2	Rara	1 em 150.000	$\geq 1,50$
3	Muito Pouca	1 em 15.000	$\geq 1,33$
4	Pouca	1 em 2.000	$\geq 1,17$
5	Provável	1 em 400	$\geq 1,00$
6	Média	1 em 80	$\geq 0,83$
7	Moderada	1 em 20	$\geq 0,67$
8	Alta	1 em 8	$\geq 0,51$
9	Muito alta	1 em 3	$\geq 0,33$
10	Altíssima chance de ocorrer	≥ 1 em 2	$< 0,33$

(*) No caso de processo sob controle estatístico.

Fonte: O autor.

4.11 Estima de pontuação da severidade (s)

Para cada trio deve ser estimada a gravidade do efeito do modo de falha, **SOBRE O CLIENTE DO PRODUTO OU DO PROCESSO**. A pontuação varia de 1 a 10 para cada efeito de falha, porém não pode ser interpretada subjetivamente pelo Time de Trabalho, que deverá orientar-se pelas descrições fornecidas no quadro abaixo.

Quadro 02 – Severidade do Efeito

Efeito	Severidade do Efeito	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Pode pôr em perigo o operador da máquina ou montador. Índice de gravidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental. <u>A falha ocorrerá sem aviso prévio.</u>	10
Perigoso com aviso prévio	Pode pôr em perigo o operador da máquina ou montador. Índice de gravidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental. <u>A falha ocorrerá com aviso prévio.</u>	09
Muito alto	Grande interrupção na linha de produção. 100% da produção deve ser sucutada. Veículo/item inoperável, perda das funções primárias. Cliente muito insatisfeito.	08
Alto	Pequena interrupção na linha de produção. O produto deve ser selecionado e uma parte (menor que 100%) sucutada. Veículo operável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	07
Moderado	Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser sucutados (sem seleção). Veículo/item operável, mas algum(s) item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente sente desconforto.	06
Baixo	Pequena interrupção na linha de produção. 100% dos produtos devem ser retrabalhados. Veículo/item operável, mas algum(s) item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com nível de desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.	05
Muito baixo	Pequena interrupção na linha de produção. O produto deve ser selecionado e uma parte (menor que 100%) retrabalhada. Itens: Forma e acabamento/chiado e Barulho não conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.	04
Menor	Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser retrabalhados na hora, mas fora da estação. Itens: Forma e acabamento/chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado pela média dos clientes.	03
Muito menor	Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser retrabalhados na hora, e dentro da estação. Itens: Forma e acabamento/chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado por clientes acurados.	02
Nenhum	Sem efeito	01

Fonte: O autor.

4.12 Estima de pontuação da detecção (D)

Deve ser aplicada em cada trio medidas de controle capazes de bloquear a causa da falha ainda no processo produtivo, antes que o componente ou o sistema chegue ao usuário.

A detecção é então a probabilidade de que as medidas de controle previstas interceptem as anomalias antes que essas provoquem efeito. A detecção é expressa com a pontuação de 1 a 10, cuja escala pode ser subjetivamente interpretada pelo Time de Trabalho, ou referenciada por correspondência estatística conforme quadro abaixo.

Quadro 03 - Critério de Avaliação Sugerido Para a Detecção.

Detecção	Existência da probabilidade de um defeito ser detectado antes do próximo controle do processo ou no processo subsequente, ou antes que a peça ou o componente deixem o local de manufatura ou montagem	Índice de Detecção (D)	Correspondência Estatística (***)
Quase impossível	Não conhecido(s) controle(s) disponível(is) para detectar o modo de falha.	10	$\leq 90,00\%$
Muito remota	Probabilidade muito remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	09	$> 90,00\%$
Remota	Probabilidade remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	08	$> 95,00\%$
Muito baixa	Probabilidade muito baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	07	$> 98,00\%$
Baixa	Probabilidade baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	06	$> 99,00\%$
Moderada	Probabilidade moderada de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	05	$> 99,50\%$
Moderadamente alta	Probabilidade moderadamente alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	04	$> 99,80\%$
Alta	Probabilidade alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	03	$> 99,90\%$
Muito alta	Probabilidade muito alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o Modo de Falha.	02	$> 99,95\%$
Altíssima	Controle(s) atual(is) quase certamente irá detectar o Modo de Falha. A confiança nos controles de detecção são conhecidos em processos similares.	01	$> 99,99\%$

Fonte: O autor.

(***) Os valores descritos referem-se à probabilidade de se encontrar o defeito sendo puramente indicativos e servem para o caso em que se disponham de dados históricos de referência.

É preciso ter presente que a detecção das medidas dos controles do projeto são em geral escassas porque se dispõe somente de poucas amostras para testar.

O x S x D

4.13 Cálculo de rpn =

O cálculo do Número de Prioridade de Risco (RPN) é feito multiplicando as pontuações de Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D) entre si e é calculado para cada causa de falha. O RPN pode estar associado ao risco absoluto inerente ao trio, mas o verdadeiro significado está no risco relativo. Um trio com RPN mais alto, comporta um risco mais alto, em comparação aos trios com RPN's mais baixos, porém, as causas que apresentam gravidades mais elevadas devem ser consideradas como prioritárias e devem ser submetidas à ações corretivas.

Para auxiliar na avaliação dos riscos, são fornecidos abaixo, valores descritos de forma puramente indicativos que servem para os casos em que não se disponha de valores especificados pela própria Empresa / Organização interessada na elaboração da FMEA.

NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO - RPN	
AVALIAÇÃO	VALORES REFERÊNCIA
Baixo	$RPN \leq 40$
Médio	$41 \geq RPN \leq 80$
Alto	$81 \geq RPN \leq 100$
Muito alto	$RPN \geq 101$

AÇÕES PROPOSTAS

RPN prioriza os modos de falha quanto à necessidade de ações.

Um critério possível para a tomada de ações é:

- ✓ $RPN \leq 40$: nenhuma ação, exceto para $S > 6$, quando uma análise suplementar é necessária;
- ✓ $RPN > 40$: ação necessária, prioritariamente para $RPN > 80$.
- ✓ Se necessário, proponha um plano de ação, utilizando outras ferramentas.

4.14 Escolha do RPN a ser melhorado

A forma mais usual para ordenar os RPN's obtidos, é dispô-los num Gráfico de Pareto, conforme sugerido no modelo abaixo.

Fonte: O autor.

O Pareto evidencia alguns RPN's que se destacam decididamente dos outros. Estes devem seguramente ser melhorados.

4.15 Providências de melhoramento

Para cada RPN a ser melhorado o Time de Trabalho analisa as possíveis soluções propondo o melhor equilíbrio entre a redução do NPR e o gasto dos recursos necessários. Em caso de soluções de alto custo o Time de Trabalho deve propor também outras alternativas para permitir ao ente decisório a possibilidade de escolher a solução mais apta à situação. Em geral o Time de Trabalho está apto a estudar as soluções mas pode convocar outros especialistas de suporte, caso seja necessário.

As providências devem visar, acima de tudo, a redução da pontuação da probabilidade (melhoramentos técnicos ou tecnológicos) ou em alternativa ou em concomitância, a redução da pontuação de detecção (intensificação dos controles). A pontuação de Severidade só se reduz com uma reprojeção do produto.

Nesta fase o Time de Trabalho, utilizando os conhecimentos, criatividade e até mesmo outras técnicas como brainstorming, lista todas as ações que podem ser realizadas para diminuir os riscos. Estas medidas podem ser:

- ✓ Medidas de prevenção total ao tipo de falha;
- ✓ Medidas de prevenção total de uma causa de falha;
- ✓ Medidas que dificultam a ocorrência de falhas;
- ✓ Medidas que limitem o efeito do tipo de falha;
- ✓ Medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha.

As providências devem estar de acordo com as áreas envolvidas (projetos, qualidade, tecnologia de produção, etc.) e a pessoa responsável pela operacionalização.

Se nenhuma ação corretiva é requerida, indicar NR na coluna. Como exemplo, descreve-se a seguir algumas providências melhorativas.

As providências devem ser descritas objetivamente e colocadas na coluna específica.

Tabela 06 - Exemplos de providências de melhoramento.

FMEA DE PROJETO	FMEA DO PROCESSO
• Mudar o princípio de funcionamento	• Executar análise de Capacidade do Processo (Cp e CpK)
• Rever o projeto (Design Review)	• Regular as ferramentas
• Fazer provas de confiabilidade	• Introduzir a manutenção programada
• Melhorar e facilitar a industrialização	• Prever recipientes específicos
• Melhorar a manutenção	• Inserir ciclos de inspeção
• Prever a redundância	• Automatizar o controle das ferramentas
• Modificar as características dimensionais	• Automatizar o controle dos maquinários
• Modificar as tolerâncias	• Inserir os controles automáticos em processo/pós processo
• Modificar os materiais	• Inserir os controles não destrutíveis
• Rever as especificações dos componentes	• Otimizar a seqüência produtiva

Fonte: O autor.

4.16 Responsabilidade e prazo para atuação

Cada providência de melhoramento indicada, deve ser colocada na coluna específica explicitando o setor e o nome do responsável pela operacionalização da ação corretiva recomendada.

Indicar o prazo previsto para as providências melhorativas recomendadas.

Data prevista, término das provas em: ____/____/____

Fechamento previsto do problema em: ____/____/____

Os nomes e os prazos devem estar de acordo com os interessados.

4.17 Estimativa/determinação das novas pontuações de:

O; S; D; RPN

ESTADO MELHORADO - ESTIMATIVA (1ª avaliação)

Estimativa previsível do novo RPN obtível em base às providências melhorativas recomendadas (eventualmente mais de uma alternativa), durante a primeira compilação do módulo FMEA.

Estas estimativas, elaboradas pelo Time de Trabalho, servem para verificar o que foi proposto e para auxiliar a área que deverá decidir e/ou implantar as ações corretivas.

ESTADO MELHORADO - DETERMINAÇÃO (2ª avaliação)

Depois que as ações corretivas foram introduzidas, avaliar novamente as causas potenciais de falha quanto aos efeitos, probabilidades (ocorrências), severidades e detectabilidade, determinando assim o novo RPN.

Se não é tomada nenhuma providência (NR) deverá ser escrito o índice de prioridade de risco já precedentemente calculado.

No caso em que as providências recomendadas não estejam completamente atuadas a FMEA será considerada como um problema aberto (não concluído).

4.18 Desenvolvimento das ações corretivas

O Team Leader é o responsável pela execução das ações corretivas e deve fornecer aos interessados o que for necessário: módulos FMEA, pedidos específicos, etc.

Também verificará o andamento das ações corretivas e convocará periodicamente o Time de Trabalho para atualizar os módulos e discutir eventuais variações.

4.19 Providências tomadas e datas correspondentes

Esta coluna é completada durante as reuniões de atualização, colocando-se a descrição das providências tomadas e as datas correspondentes.

Depois que a ação corretiva foi introduzida, descrevê-la abreviadamente (ex: modificado desenho, automatizado controle dimensional ao 100 %, etc.), indicando as oportunas referências (nº desenho, etc.), e a efetiva data de introdução.

Se as providências recomendadas forem julgadas não factíveis (custo alto demais, tempo longo demais, etc.) vai aqui especificado o motivo, ou ainda as intervenções alternativas concordadas.

4.20 Verificação da eficácia das ações adotadas

Usando um método estabelecido, verifique se as ações foram eficazes, ou seja, se, na prática, as ações evitaram que as falhas potenciais ocorressem (ou, pelo menos, reduziram consideravelmente essa possibilidade).

CAPÍTULO 05

FLUXO PARA APLICAÇÃO DO FMEA

SEQÜÊNCIAS DOS PASSOS

PASSO	DESCRIÇÃO
$\supseteq$	Defina onde aplicar o FMEA.
$\nsubseteq$	Defina a Equipe.
$\subset$	Colete informações.
$\subseteq$	Elabore o FMEA.
$\in$	Tome as ações.
$\notin$	Verifique a tomada de ações.
$\angle$	Verifique a eficácia das ações.

OS PASSOS DO FMEA

PASSO $\supseteq$: Defina onde aplicar o FMEA.

Use fontes, tais como:

- ✓ Exigências do cliente;
- ✓ Exigências de Normas (p.ex. QS-9000);
- ✓ Necessidade de Ação Preventiva.

PASSO $\nsubseteq$: Defina a equipe.

Inclua, quando aplicável:

- ✓ Pessoas envolvidas com o objetivo do FMEA;
- ✓ Especialistas;
- ✓ Clientes ou sub-contratados.

PASSO $\subset$: Colete informações.

Reuna os documentos / dados e registros, se aplicável:

- ✓ Revisões anteriores do FMEA;
- ✓ FMEA's similares;
- ✓ O DFMEA, se for um PFMEA;
- ✓ Desenhos, especificações, planos;
- ✓ Tendências;
- ✓ Benchmarkings;
- ✓ QFD;
- ✓ Informações de clientes.

PASSO $\subseteq$: Elabore o FMEA.

- ✓ Reúna a equipe;
- ✓ A equipe define e lista “o que se espera” e/ou “o que não se espera” do produto / processo;
- ✓ A equipe define qual(is) é (são) o(s) cliente(s);
- ✓ Se for de projeto, elabore um Diagrama;
- ✓ Se for de processo, elabore um Fluxograma;
- ✓ Preencha o formulário de FMEA (este passo, será detalhado nos itens 11 e 12).

PASSO $\in$: Tome as ações.

As ações indicadas, conforme critérios estabelecidos para priorização e execução (ver RPN adiante), são tomadas pelos responsáveis e nos prazos indicados.

PASSO $\nexists$: Verifique a tomada de ações.

Usando um método estabelecido, verifique se as ações foram tomadas. Quando previsto, revise o FMEA e, se necessário, tome outras ações.

PASSO $\angle$: Verifique a eficácia das ações.

Usando um método estabelecido, verifique se as ações foram eficazes, ou seja, se, na prática, as ações evitaram que as falhas potenciais ocorressem (ou, pelo menos, reduziram drasticamente essa possibilidade).

CAPÍTULO 06

ELABORAÇÃO DO FMEA (PASSO $\subseteq$)

a) Para preencher o “**FORMULÁRIO DE FMEA**” é necessário que sejam estabelecidas, inicialmente, os possíveis modos de falha.

b) Para isto, deve-se comparar cada item da lista de “o que se espera” e/ou de “o que não se espera” com cada parte do diagrama (se for DFMEA) ou com cada atividade do fluxograma do processo (se for PFMEA).

c) Para cada comparação estabelece-se uma cadeia de relações causais.

d) Para cada cadeia de relações causais estabelece-se o seu possível modo de falha e, conseqüentemente, os possíveis efeitos de falha e as possíveis causas de falha.

CAPÍTULO 07

ORIENTAÇÕES BÁSICAS PARA O PREENCHIMENTO DO MÓDULO FMEA

1	FMEA DE PROCESSO (ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS)										PRODUTO:	5	CÓDIGO:	6	REV	DATA	RESPONS.
	☐ FMEA DE PROCESSO (PFMEA) 2					☐ FMEA DE PROJETO / PRODUTO (DFMEA)					SISTEMA/PROCESSO: 7			01	10		
	☐ PROCESSO NOVO 3					☐ PROCESSO EXISTENTE								02			
	REALIZADO POR / RESPONSÁVEL: 4										DATA DE ELABOR. / / 8 FOLHA DE 9			03			04
ETAPAS DO PROCESSO (FUNÇÃO)	SOBRE O PRODUTO					SITUAÇÃO ATUAL				AÇÕES CORRETIVAS			SITUAÇÃO APÓS MELHORIAS				
	MODO DE FALHA	EFEITO DO MODO DE FALHA	SEVERIDADE ★	CLASSIFICAÇÃO ✓	CAUSAS DO MODO DE FALHA	OCORRÊNCIA ▲	MEDIDAS DE CONTROLE PREVISTAS	DETECÇÃO □	NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO (RPN) •	PROVIDÊNCIAS MELHORATIVAS RECOMENDADAS	RESPONSÁVEL E PRAZO PREVISTO PARA ATUAÇÃO	PROVIDÊNCIAS TOMADAS E DATAS DE REALIZAÇÃO	OCORRÊNCIA ▲	SEVERIDADE ★	DETECÇÃO □	NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO (RPN) •	
REQUISITOS DO ITEM (FUNÇÃO)	11	12	13	14 15	16	17	18	19	20	21	22	23	24 25	26	27		

SEVERIDADE (INFLUÊNCIA SOBRE CLIENTE) ★		CLASSIFICAÇÃO ✓	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA ▲			DETECTABILIDADE □			RISCO (RPN) •		PARTICIPANTES	SETOR	ASSINATURA
AValiação	PONTUAÇÃO CORRESPONDENTE	SIMBOLOGIA DE CORRESPONDÊNCIA	AValiação	PONTUAÇÃO CORRESPONDENTE	FREQUÊNCIA RELATIVA	AValiação	PONTUAÇÃO CORRESPONDENTE	FREQUÊNCIA RELATIVA	AValiação	(PRBI x GRV. X DTB)			
NENHUMA	1	○○○	IMPORTANTE	MUITO REMOTA CHANCE DE OCORRER	1	≤ 1 em 1.500.000	ALTÍSSIMA	1	> 99,99%	BAIXO	0 até 40		
MUITO PEQUENA	2			MUITO PEQUENA CHANCE DE OCORRER	2	1 em 150.000	MUITO ALTA	2	> 99,95%				
PEQUENA	3			PEQUENA CHANCE DE OCORRER	3	1 em 15.000	ALTA	3	> 99,90%				
MUITO BAIXA	4	○○○	CRÍTICO	MODERADA CHANCE DE OCORRER	4	1 em 2.000	MODERADAMENTE ALTA	4	> 99,80%	MÉDIO	41 até 80		
BAIXA	5				1 em 400	MODERADAMENTE ALTA	5	> 99,50%					
MODERADA	6				1 em 100	BAIXA	6	> 99,00%					
ALTA	7	○○○○	REPORT	ALTA CHANCE DE OCORRER	7	1 em 20	MUITO BAIXA	7	> 98,00%	ALTO	81 até 100		
MUITO ALTA	8				1 em 8	REMOTA	8	> 95,00%					
PERIGOSA COM AVISO	9				1 em 3	MUITO REMOTA	9	> 90,00%					
PERIGOSA SEM AVISO	10			ALTÍSSIMA CHANCE DE OCORRER	10	≥ 1 em 2	QUASE IMPOSSÍVEL	10	≤ 90,99%	MUITO ALTO	101 até 1000		

ITEM 1 - LOGOMARCA DA EMPRESA / ORGANIZAÇÃO

- ✓ Registrar a logomarca da Empresa / Setor Responsável pela FMEA.

ITEM 2 - TIPO DA FMEA

- ✓ Especificar se a FMEA a ser desenvolvida é de Processo ou de Projeto / Produto (assinalar o item interessado).

ITEM 3 - MÓDULO ESPECÍFICO

- ✓ Processo novo ou existente a ser melhorado (assinalar o item interessado).

ITEM 4 - RESPONSÁVEL

- ✓ Indicar o nome do compilador da FMEA, ou eventuais vistos de supervisores responsáveis.

ITEM 5 - PRODUTO

- ✓ Descrever o produto ou o processo produtivo, o objeto de análise.

ITEM 6 - CÓDIGO DO PRODUTO

- ✓ Identificar os dados anagráficos do produto ou processo interessado (Ex.: Código; Matricula; Desenho).

ITEM 7 - SISTEMA / PROCESSO

- ✓ Descrever brevemente a “parte” do processo produtivo interessada na análise.

ITEM 8 - DATA DA ELABORAÇÃO

- ✓ Especificar a data do primeiro preenchimento do módulo (Data de realização da 1ª FMEA).

ITEM 9 - NÚMERO DA FOLHA

✓ Identificar no primeiro campo a numeração progressiva da página e no segundo campo o número total de páginas incluídas na análise FMEA.

ITEM 10 - REVISÕES

✓ Identificar as datas e responsáveis pelas revisões / alterações da FMEA.

ITEM 11 - ETAPAS DO PROCESSO / REQUISITOS DO ITEM

✓ Devem ser relacionadas, de modo ordenado, segundo a sequência lógica de atuação, todas as operações da parte do processo em exame ou, no caso de FMEA de projeto / produto, todos os requisitos do item em análise.

➤ No Caso do Produto:

Item: O produto ou parte dele

Função: A função do Produto

➤ No Caso do Processo:

Etapas: O que o processo realiza.

Função: O que é o Processo.

✓ Lembre-se que as funções das etapas do processo ou dos itens analisados devem estar identificados e compreendidos por todos os membros do Time de Trabalho.

ITEM 12 - MODOS DE FALHA

Trata-se dos eventos futuros que podem vir a diminuir parcial ou totalmente a função do produto ou fase do processo e/ou suas metas de desempenho.

✓ Liste todos os possíveis modos de falha do produto ou processo em consideração.

✓ Não generalize; seja específico.

✓ Por exemplo: Utilize “fonte de alimentação queimada” em vez de “fonte não funciona”.

✓ Utilize típicos modos de falhas.

Por exemplo: Aberto, queimado, trincado, falta de.

A anomalia ou modo de falha deverá responder a pergunta: “Como pode o processo errar?” ou “Como pode o produto falhar?”, no caso de FMEA de Projeto.

✓ Produtivo é oportuno recordar que muitas das anomalias aqui relacionadas poderão ser encontradas como causa dos modos de falha do produto em uma FMEA de Projeto: isto é perfeitamente lógico, se pensarmos que as anomalias do processo produtivo induzem aos modos de falha sobre o produto.

ITEM 13 - EFEITO DOS MODOS DE FALHA

Podemos entender os efeitos dos modos de falha como sendo as consequências das anomalias mencionadas como modo de falha.

Hipotizando que a falha induzida seja verificada, descrever os efeitos no sentido de “que coisa o Cliente final observará ou suportará” ou seja de quais formas o modo de falha poderá afetar o desempenho do produto / processo do ponto de vista do Cliente interno ou externo.

✓ Liste, para cada possível modo de falha, todos os possíveis efeitos de falha;

✓ Não confunda o efeito de falha;

✓ Utilize típicos efeitos de falha.

✎ Por exemplo: Consumo excessivo, baixo rendimento, desgaste precoce.

ITEM 14 - SEVERIDADE (S)

✓ Estimativa da gravidade do defeito em base ao seu efeito do modo de falha sobre o Cliente. (ver descrição na página 38)

ITEM 15 - CLASSIFICAÇÃO

Identificar neste item, com a simbologia correspondente, a classificação da característica em análise, conforme especificação da Engenharia.

ITEM 16 - CAUSAS DOS MODOS DE FALHAS

Relacionar cada possível causa que pode ser origem do modo de falha. As causas deverão estar descritas de modo conciso, mas o mais completa possível, pois as ações corretivas serão enviadas às causas pertinentes.

Em outras palavras:

A causa da anomalia evidencia as razões pelas quais no processo pode-se verificar a própria anomalia; procura-se essencialmente uma incoerência do processo produtivo aos objetos, ou também uma omissão, ou ainda uma falta de proteção a danos.

- ✓ Investigue, para cada modo de falha, as causas e registre, de preferência, aquela que é a fundamental.

- ✓ As causas devem ser descritas de forma a ser possível propor ações para eliminá-las.

- ✓ Utilize típicas causas de falha.

- ✓ Por exemplo: Operações faltantes, aquecimento insuficiente, falta de treinamento.

ITEM 17 - OCORRÊNCIA (O)

Estimar a probabilidade, interna ao processo produtivo, que a causa de falha (descrita no item 16) se verifique, avaliando-a sobre uma escala de “1 a 10”.

As causas de anomalia podem ser distinguidas entre:

- Não-conformidade de fabricação;
- Erros de montagem;
- Danos no curso da produção.

Nos últimos dois casos, em parte, no primeiro, pode-se estimar o evento como probabilidade que se manifestem utilizando as informações levantadas em fábrica como: número de defeitos ao longo da linha de montagem, número de defeitos no controle final, percentual de refugos, percentual de retrabalhos.

- ✓ No primeiro caso, em muitas circunstâncias, pode-se, ao invés, correlacionar esta probabilidade à capacidade do processo, avaliando a sua tolerância natural (T_{nat}) em relação à tolerância prescrita à desenho (T_{pre}).

Colocando: $T_{nat} = 6\sigma (+ - 3\sigma)$, onde σ - k.s.

s = desvio padrão da amostra utilizada

k = constante que considera a grandeza “n” da amostra

Quanto menor for T_{pre} em relação à T_{nat} , mais elevado será o percentual de elementos não conforme. Ao invés de referir-se

à Tpre, pode-se referir ao parâmetro.

$C_p = T_{pre} / T_{nat}$ (típico do controle do processo produtivo).

Obviamente os raciocínios precedentes pressupõem uma dispersão com média centralizada e estável: todavia se, existe também um afastamento da média das prescrições a desenho, é possível obtê-la em consideração, determinando o parâmetro

$C_{pk} = \Delta_{crit} / 3\sigma$.

Δ_{crit} exprime o confronto da simetria entre as duas distribuições analisadas: Tolerância Natural (Tnat); Tolerância Prescrita (Tpre).

Δ_{crit} indica portanto, a distância entre o ponto central da distribuição obtida e o limite de especificação mais próximo.

ITEM 18 - MEDIDAS DE CONTROLE PREVISTAS

✓ Relacionar as ações que se pretendem adotar (para novos processos produtivos) ou que já são adotadas (para processos produtivos existentes) para prevenir as causas de anomalias e/ou que permitam individualizar as causas e seus efeitos.

✓ Há 3 tipos de controle, que devem ser listados, se existentes:

a) Que previne (ou reduz) a ocorrência da causa ou modo / efeito de falha;

b) Que detectam a causa da falha;

c) Que detectam o modo de falha.

✓ Exemplos de controle de projeto: análise crítica de projeto, teste de protótipo e verificação de projeto.

✓ Exemplos de controle de processo: CEP e POKAYOKE.

As pontuações iniciais de ocorrência e de detectabilidade, descritas nos itens sucessivos, serão baseadas sobre estas medidas.

✓ Não serão aqui consideradas as medidas que se pretendem introduzir ou implementar e que já estejam nas especificações técnicas ou nos standards de produção.

✓ Se, após a FMEA, notar-se a necessidade de outros controles específicos, estes devem ser relacionados no item 21 “Providências Melhorativas Recomendadas”.

ITEM 19 - DETECTABILIDADE (D)

✓ Estimar com um número compreendido entre “1 a 10” a possibilidade de encontrar-se as causas / anomalias de um Processo Produtivo e/ou os modos de falha / efeitos induzidos sobre o relativo produto, durante todo o processo de fabricação, antes que o produto chegue ao Cliente (usuário final).

✓ Parte-se do pressuposto que o defeito seja manifestado e depois se avalia a eficácia de todas as ações de controle sobre o produto / processo aptas a encontrar o tal defeito.

ITEM 20 - NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO (RPN)

✓ O Número de Prioridade de Risco é o produto das pontuações de "Ocorrência" (coluna 17), "Severidade" (coluna 14), "Detectabilidade" (coluna 19) e calcula-se para cada causa de falha (coluna 16).

✓ O Número de Prioridade de Risco (RPN) denota em qual relação estão entre si as causas de falha. As causas com número de prioridade de risco mais alto e com gravidade mais elevada devem ser consideradas como prioritárias e devem ser submetidas à ações corretiva.

ITEM 21 - PROVIDÊNCIAS MELHORATIVAS RECOMENDADAS

✓ Descrever abreviadamente as providências melhorativas recomendadas. Cada providência deve ser especificada e claramente identificada evitando indicações genéricas.

✓ Nos casos de providências trabalhosas (em custo, tempo) é oportuno propor soluções alternativas para dar ao ente decisório a possibilidade de escolher a solução mais apta à situação.

✓ As providências melhorativas devem ser acordadas entre Projetos, entes de Qualidade, Tecnologia de Produção.

✓ Se nenhuma ação corretiva é requerida, indicar NR na coluna. Como exemplo, descreve-se a seguir algumas providências melhorativas típicas de processo.

Providência sobre Processo

- Executar análise de Capability Study (Cp e Cpk);

- Registrar os dispositivos;
- Otimizar a sequência produtiva;
- Introduzir manutenção programada;
- Prever caixas específicas para o transporte;
- Inserir ciclos de controle;
- Fazer provas de verificação antes do início seriado;
- Trocar as ferramentas segundo as prescrições;
- Automatizar controle nos dispositivos;
- Automatizar controle das máquinas-ferramentas;
- Inserir controle automatizado "in-process-post-process";
- Inserir controles não destrutivos.

ITEM 22 - RESPONSÁVEL E PRAZO DA ATUAÇÃO

✓ Indicar o setor e o nome do responsável pela atuação das ações corretivas recomendadas.

✓ Indicar o prazo das providências melhorativas recomendadas:

Data Prevista ____/____/____;

Término da Provas em ____/____/____;

Fechamento do Problema em ____/____/____.

ITEM 23 - PROVIDÊNCIAS TOMADAS E PRAZOS

✓ Depois que a ação corretiva foi introduzida, descrevê-la abreviadamente (ex.: modificado desenho, automatizado controle dimensional ao 100 %, etc.), indicando as oportunas referências (nº desenho, etc), e a efetiva data de introdução.

✓ Se as providências recomendadas forem julgadas não factíveis (custo alto demais, tempo longo demais, etc) vai aqui especificado o motivo, ou ainda as intervenções alternativas concordadas.

ITEM 24 - 25 - 26 e 27 - SITUAÇÃO APÓS MELHORIAS

Estado melhorado (1ª avaliação):

- ✓ Estimativa previsível do novo RPN obtível em base às providências melhorativas recomendadas (eventualmente mais de uma e/ou em alternativa);
- ✓ Preenchimento a ter-se na primeira compilação do módulo.

Estado melhorado (2ª avaliação);

- ✓ Depois que as ações corretivas foram introduzidas avaliar novamente as causas potenciais de falha quanto aos efeitos, "Ocorrência, Severidade", Detectabilidade; determinando assim o novo RPN.
- ✓ Se não é tomada nenhuma providência (NR) deverá ser escrito o Número de Prioridade de Risco já precedentemente calculado.
- ✓ No caso em que as providências recomendadas não estejam completamente atuadas, a FMEA será considerada como um problema aberto (não concluído).

ITEM 28 e 29 - PARTICIPANTES DA FMEA

- ✓ Indicar os nomes e os respectivos setores de origem dos especialistas que participaram do Time de Trabalho FMEA.

Notas:

AÇÕES CORRETIVAS E SEU SEGMENTO (Follow-up da FMEA)

Uma FMEA bem estudada e perfeitamente escrita é de utilidade limitada se as ações corretivas oportunas não são tomadas. O responsável (Team Leader) deve assumir o comando de maneira que as pessoas certas se encontrem e ajam as assinalações de potenciais problemas.

8.1 Formulário de FMEA

49

8.2 Exercícios

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

EXERCÍCIO 1

Na passagem de um caixa de supermercado um cliente apresenta, entre outras, uma mercadoria, que tem preços diferentes no código de barras e no preço impresso (o cliente não sabe disto).

No final da operação a atendente do caixa, que usou somente um “scanner” para apurar o preço, apresenta o total da conta, que o cliente refuta por considerar que o valor está muito alto. A atendente diz que tudo está certo e destrata o cliente.

Defina:

- cliente interno e o fornecedor interno.
- modo de falha - cliente interno, sua causa principal e seu efeito.
- cliente externo e o fornecedor.
- modo de falha - cliente externo, sua causa principal e seu efeito.

EXERCÍCIO 2

Numa fábrica, um operador, por falta de treinamento, deixou fora das tolerâncias uma das peças que estava usinando. Um inspetor, que inspecionava por amostragem, não viu que aquela peça estava não-conforme. O cliente, na linha de montagem, percebeu que a peça não montava e ficou irritado, pois isto vinha ocorrendo freqüentemente.

Descreva, onde aplicável:

- Modo de falha:
- Efeitos de falha:
- Causas de falha:
- Disposição (do cliente):
- Disposição (do fornecedor):
- Ação Corretiva (do cliente):
- Ação Corretiva (do fornecedor):
- Ação Preventiva (do cliente):

- Ação Preventiva (do fornecedor):

EXERCÍCIO 3

a) Pense no seu automóvel. Pense na sua cabine - esqueça o motor, câmbio, suspensão - pense só na cabine!

Liste 3 itens / funções para os quais você considera que deveria ter sido feito um FMEA pelo fabricante e que, infelizmente, não foi (ou foi mal feito) - porque você já sentiu o efeito da falha.

b) Pense, agora, somente nos acessórios para troca de pneus do seu automóvel.

Elabore um FMEA simplificado, com somente 3 possíveis modos de falha do fabricante do automóvel.

EXERCÍCIO 4

Um fabricante tradicional de lápis no Brasil resolveu entrar no segmento de lapiseiras.

Para tanto, contratou a tecnologia de um famoso fabricante de lapiseiras, que não atua no mercado nacional. Entre muitas cláusulas, o contrato prevê a possibilidade de serem introduzidas melhorias no produto, desde que aprovadas pelo detentor da tecnologia.

Supondo que você faz parte do time do fabricante que está estudando possíveis melhorias do produto, antes de iniciar a produção, realize o FMEA do produto.

Utilize a lapiseira com que você está escrevendo agora. Desmonte, monte, desenhe, utilize todas as suas funções, use a sua experiência - faça tudo o que você quiser, só não precisa destruí-la!

EXERCÍCIO 5

Ao iniciar a implantação de seu Sistema da Qualidade, segundo a Norma ISO-9002, uma empresa percebeu a necessidade de contratar um profissional para preencher a função de Coordenador de Implantação deste Sistema.

Em virtude da falta de experiência da empresa neste assunto, foi resolvido realizar um FMEA, com o objetivo de traçar o perfil mais indicado daquele profissional.

Lembrando que, neste caso, as “ações propostas” são os requisitos do perfil do profissional, realize um FMEA pensando em sua empresa.

EXERCÍCIO 6

Por ocasião da implantação do Sistema da Qualidade, segundo a Norma ISO-9001 em uma empresa, percebeu-se que os ferramentais fornecidos pelo Cliente para a produção de peças não são controlados - portanto, não é atendido o requisito 4.7 da Norma.

“Requisito 4.7 - Controle de produto fornecido pelo cliente. O fornecedor deve estabelecer e manter procedimentos documentados para o controle de verificação, de armazenamento e de manutenção de produto fornecido pelo cliente, destinado à incorporação aos fornecimentos ou às atividades relacionadas. Qualquer extravio, dano ou inadequação ao uso desses produtos deve ser registrado e relatado ao cliente (ver 4.16). A verificação pelo fornecedor não isenta o cliente da responsabilidade de prover produto aceitável.”

Para elaborar consistentemente o(s) procedimento(s) requerido(s), a empresa reuniu um grupo de pessoas das áreas de Vendas, Recebimento, Almoxarifado, Engenharia, Produção e Qualidade, para realizar um FMEA.

Imagine esta situação, relacionando-a à sua própria empresa ou outra, e realize o FMEA (incluindo as Ações Propostas).

EXERCÍCIO 7

Uma empresa deseja modificar, na sua seção de usinagem, o conceito de produção, que atualmente é em linha, para operação em células. Ou seja, hoje as peças são produzidas através de diversas operações, realizadas em diferentes máquinas, seqüencialmente, e espera-se, com a constituição de células, que as máquinas sejam re-arranjadas (e também os operadores) com o objetivo de produzir as peças inteiramente nas células.

Para isto realizou um FMEA de processo, considerando como tópicos, onde podem ocorrer falhas no novo conceito de produção, os seguintes:

- Instruções de trabalho;
- Abastecimento de ferramentas e dispositivos;
- Identificação;
- Inspeção;
- Manuseio;
- Armazenamento;
- Manutenção;
- Instrumentos de Medição.

Imagine esta situação e realize o FMEA (incluindo as Ações Propostas).

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-81028-22-0