

FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha

José Carlos de Toledo

Daniel Capaldo Amaral

GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade

DEP - UFSCar

1 Introdução

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo.

Este é o objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que se está, com sua utilização, diminuindo as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, estamos buscando aumentar a **confiabilidade**, que é a probabilidade de falha do produto/processo.

Esta dimensão da qualidade, a **confiabilidade**, tem se tornado 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.

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 processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

Definição:

Análise FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma metodologia que objetiva avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implantação de ações para aumentar a confiabilidade.

2 Tipos de FMEA

Esta metodologia pode ser aplicada tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. As etapas e a maneira de realização da análise é a mesma, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Assim as análises FMEA's são classificadas em dois tipos:

FMEA DE PRODUTO: na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no processo decorrentes do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.

FMEA DE PROCESSO: são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Há ainda um terceiro tipo, menos comum, que é o FMEA de procedimentos administrativos. Nele analisa-se as falhas potenciais de cada etapa do processo com o mesmo objetivo que as análises anteriores, ou seja, diminuir os riscos de falha.

3 Aplicação da FMEA

Pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações:

- para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- para diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.

4 Formulário FMEA

A base para a aplicação desta metodologia é o formulário FMEA (ver Figura 1). As definições de cada termo são apresentadas na Figura 2.

5 Funcionamento Básico

O princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA e a aplicação, ou seja, se é **FMEA de produto, processo** ou **procedimento** e se é aplicado para produtos/processos **novos** ou já **em operação**. A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo.

A figura 2 ilustra o funcionamento da análise FMEA. Ela consiste de um formulário FMEA onde pode-se observar a definição de cada coluna e, abaixo, um fluxograma que mostra a ordem de preenchimento do formulário baseada em perguntas que devem ser feitas pelo grupo em cada etapa. A discussão realizada pelo grupo segue a ordem do fluxograma, ou seja, o grupo segue respondendo cada uma destas perguntas e preenche as colunas do formulário com as respostas encontradas por meio de consenso. Deve-se ter em mente que a análise FMEA é muito mais do que apenas preencher um formulário, o seu verdadeiro valor está na discussão e reflexão dos membros do grupo sobre as falhas potenciais do produto/processo e as ações de melhoria propostas pelo grupo.

Para aplicar-se a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo, irá relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer, descrever, para cada tipo de falha suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria.

6 Importância

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes;

7 Etapas para a Aplicação

7.1 Planejamento

Esta fase é realizada pelo responsável pela aplicação da metodologia e compreende:

- **descrição dos objetivos e abrangência da análise:** em que identifica-se qual(ais) produto(s)/processo(s) será(ão) analisado(s);
- **formação dos grupos de trabalho:** em que define-se os integrantes do grupo, que deve ser preferencialmente pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção);
- **planejamento das reuniões:** as reuniões devem ser agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralizações;
- **preparação da documentação** (ver na figura 3 a documentação necessária).

7.2. Análise de Falhas em Potencial

Esta fase é realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA, definindo:

- função(ções) e característica(s) do produto/processo (coluna 1 na figura 2);
- tipo(s) de falha(s) potencial(is) para cada função (coluna 2);
- efeito(s) do tipo de falha (coluna 3);
- causa(s) possível(eis) da falha (coluna 4);
- controles atuais (coluna 5);

7.3 Avaliação dos Riscos

Nesta fase são definidos pelo grupo os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha, de acordo com critérios previamente definidos (um exemplo de critérios que podem ser utilizados é apresentado na figura 4, mas o ideal é que a empresa tenha os seus próprios critérios adaptados a sua realidade específica). Depois

são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R), por meio da multiplicação dos outros três índices.

Observações Importantes:

- quando o grupo estiver avaliando um índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, se estamos avaliando o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não podemos colocar um valor mais baixo para este índice somente porque a probabilidade de detecção seja alta.
- No caso de FMEA de processo pode-se utilizar os índices de capacidade da máquina, (Cpk) para se determinar o índice de ocorrência.

7.4 Melhoria

Nesta fase o grupo, 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;

Estas medidas são analisadas quanto a sua viabilidade, sendo então definidas as que serão implantadas. Uma forma de se fazer o controle do resultado destas medidas é pelo próprio formulário FMEA por meio de colunas que onde ficam registradas as medidas recomendadas pelo grupo, nome do responsável e prazo, medidas que foram realmente tomadas e a nova avaliação dos riscos.

7.5 Continuidade

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 grupo.

Análise do Tipo e Efeito de Falha

Cod_pec :
 Nome da Peça:
 Data:
 Folha No. _____ de _____

- FMEA de Processo
 FMEA de Produto

Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria								
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais					
													S	O	D	R		

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos **Figura 1: Formulário FMEA**

Análise do Tipo e Efeito de Falha

Cod_pec : Nome da Peça: Data: Folha No. _____ de _____	<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto
---	---

Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria						
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais			
													S	O	D	R
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Produto/ Processo objeto de análise	Função e/ou características que devem ser atendidas pelo produto. Ex.: Suportar o conjunto do eixo.	Forma e modo como as características ou funções podem deixar de ser atendidas. Ex.: Desbalanceado, Rugoso, Trincado...	Efeitos (conseqüências) do tipo de falha, sobre o sistema e sobre o cliente. Ex.: vazamento de ar, ruidoso, desgaste prematuro, etc...	Causas e condições que podem ser responsáveis pelo tipo de falha em potencial Ex.: Erro de montagem, falta de lubrificação, etc...	Medidas Preventivas e de detecção que já tenham sido tomadas e/ou são regularmente utilizadas nos produtos/processos da empresa.	S E V E R I D A D E	O C O R R Ê N C I A	D E T E C Ç Ã O	R I S C O S	Ações recomendadas para a diminuição dos riscos	Responsável e Prazo	Medidas Implantadas	(13)	(14)	(15)	(16)
<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold;">FLUXOGRAMA</div>						<p> Quem está sendo analisado? → (6) S Quais funções ou características devem ser atendidas? → (1) O Como a função ou característica pode não ser cumprida? → (2) D Que efeitos tem este tipo de falha? → (3) R Quais poderiam ser as causas? → (4) R Quais medidas de prevenção e descoberta poderiam ser tomadas? → (5) D </p> <p> (S) → (9) R → Quais os riscos prioritários? (O) → (9) R → Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos? (D) → (9) R → Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos? </p>										

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Figura 2: Definição dos termos e fluxograma de preenchimento do Formulário FMEA

FMEA de Produto	FMEA de Processo
<ul style="list-style-type: none"> • Lista de Peças; • Desenhos; • Resultados de Ensaios; • FMEA's de produtos similares; • FMEA's já realizados para o produto 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de Peças; • FMEA de produto da peça • Desenhos de Fabricação; • Planos de Inspeção; • Estatísticas de Falhas do processo; • Estatísticas de Falhas do processo; • Estudos de Capacidade de Máquina.

Figura 3: Documentos Necessários para a Análise FMEA

SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança
10		

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk > 1,00
3		1:4.000	
4	Moderada	1:1.000	Cpk < 1,00
5		1:400	
6		1:80	
7	Alta	1:40	
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

DETECÇÃO		
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

Figura 4: Exemplos de Critérios de Risco

ANEXOS : Formulários FMEA

(Este anexo contém formulários em branco onde poderão ser anotados os exemplos apresentados em sala de aula)

Análise do Tipo e Efeito de Falha

Cod_pec :
 Nome da Peça:
 Data:
 Folha No. _____ de _____

- FMEA de Processo
 FMEA de Produto

Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria								
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais					
													S	O	D	R		

S = Severidade **O** = Ocorrência **D** = Detecção **R** = Riscos