

FMEA

- FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise dos Modos e Efeitos de Falha)
- Técnica auxiliar no projeto de **sistemas, produtos, processos ou serviços.**

FMEA - *Definição*

- Técnica utilizada **para definir, identificar e eliminar** falhas, problemas ou erros potenciais ou conhecidos da unidade em análise antes que eles cheguem ao usuário.
- Um **FMEA** propriamente conduzido fornece informações auxiliares na:
 - redução do risco operacional de sistemas, através de ações de melhoria, e
 - para evitar que falhas/erros cheguem ao usuário, através de ações preventivas.

Cursos de Ação p/ Análise

- **Usar Dados Históricos** - falhas podem ser definidas através da análise de dados similares relativos à produtos e/ou serviços, garantias, reclamações de clientes, etc.
- **Usar Técnicas Matemáticas** - falhas identificadas através de inferência estatística, modelagem matemática, simulações e estudos de confiabilidade.

FMEA - Método sistemático p/ analisar todas as maneiras em que falhas podem ocorrer

- **Falhas analisadas quanto a:**
 - efeito,
 - Gravidade (do efeito),
 - ocorrência (frequência) e
 - facilidade de detecção.
- **FMEA tem por objetivo identificar *ações corretivas* que previnam a ocorrência de falhas**

Propriedades do FMEA

1. Identifica modos de falha conhecidos e potenciais
2. Identifica causas e efeitos de cada modo de falha
3. Prioriza modos de falha de acordo com o RPN (*risk priority number*), produto da frequência de ocorrência, severidade e detecção
4. Elenca ações corretivas

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

5

Tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:									
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.									
(3) Modelo / Produto:				(7) Dta do FMEA:													
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:													
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomend	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação						
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)				
(24) Assinaturas:																	



Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

6

Quem conduz o FMEA?

- **Equipe:**
 - específica para cada projeto
 - normalmente multidisciplinar
- **Condução do FMEA por um único indivíduo pode levar a informações incompletas e avaliações tendenciosas**

Distribuição das tarefas de preenchimento do FMEA mediante tempo limitado

(1) Num. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data da revisão do FMEA:							
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.							
(3) Modelo / Produto:				(7) Data do FMEA:											
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:											
Função do Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Ação tomada	Resultados da Ação			
												Sever.	Ocorr.	Detec.	RPN
Engenheiro			Equipe						Engenheiro + Equipe						
(24) Assinaturas:															

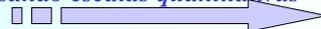
Interpretação do FMEA

- **O objetivo do FMEA é identificar e prevenir problemas potenciais ou conhecidos antes que eles cheguem aos usuários**
- **Problemas têm diferentes prioridades:**
 - Em sua essência, o FMEA consiste na determinação das prioridades

Componentes que definem a prioridade de uma falha

- **Ocorrência (O)**
 - frequência de incidência da falha
- **Severidade (S)**
 - gravidade (em termos de efeito) da falha
- **Detecção (D)**
 - capacidade de detectar a falha antes que ela chegue ao usuário

Componentes avaliados usando escalas quantitativas



Escala para Ocorrência (O)

Ocorrência	Valor	Cpk	Taxa de Falha	Crítérios	Observações
Quase Nunca	1	>1.67	1/2	Falha improvável. Nenhuma ocorrência histórica.	- Na dúvida entre dois
Mínima	2	>1.50	1/3		valores, escolha o maior.
Falhas raramente ocorrem	3	>1.33	1/8	Muito poucas falhas podem ocorrer.	- No caso de impasse
Baixa	4	>1.17	1/20		entre membros da equipe,
Falhas ocasionais	5	>1.00	1/80	Algumas falhas podem ocorrer.	trabalhe com valores
Moderada	6	>0.83	1/400		médios.
Falhas ocorrem c/ frequência	7	>0.67	1/2,000	Alto número de falhas ocorrem c/ frequência.	
Alta	8	>0.51	1/15,000		
Muito alta	9	>0.33	1/150,000		
Quase certa	10	<0.33	1/1,500,000	Falhas historicamente quase certas.	

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

11

Escala para Detecção (D)

Detecção	Valor	Crítérios	Observações
Quase certa	1	Controles atuais detectam falha quase sempre.	- Na dúvida entre dois
Muito alta	2		valores, escolha o maior.
Alta	3	Grandes chances de detecção.	- No caso de impasse
Moderadamente alta	4		entre membros da equipe,
Média	5	Média chance de detecção.	trabalhe com valores
Baixa	6		médios.
Muito baixa	7	Chance muito baixa de detecção.	
Mínima	8		
Rara	9		
Quase impossível	10	Não existem controles que detectem esta falha.	

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

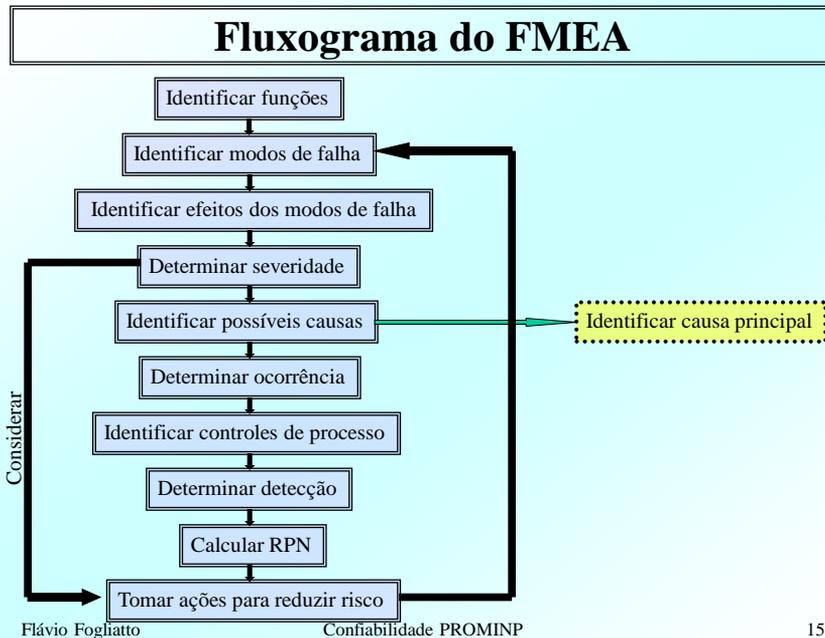
12

Escala para Severidade (S)

<i>Efeito</i>	<i>Valor</i>	<i>Crêterios</i>	<i>Observa�es</i>
Nenhum	1	Nenhum efeito sobre produto ou processos	- Na d�vida entre dois
Mínimo	2	subsequentes.	valores, escolha o maior.
Muito pequeno	3	Causa pequeno inc�modo no usuário.	- No caso de impasse
Pequeno	4		entre membros da equipe,
Moderado	5	Resulta em falha sobre componente não-vital	trabalhe com valores
Significativo	6	que demanda reparo.	médios.
Grande	7	Usuário insatisfeito. Produto grandemente	
Extremo	8	afetado, mas ainda operacional e seguro.	
S�rio	9		
Catastrófico	10	Não atende a critérios mínimos de segurança.	

RPN (*Risk Priority Number*) Medida de Risco do FMEA

- **$RPN = O \times S \times D$**
- **Recomenda o: falhas devem ser analisadas sempre que tiverem $RPN > 50$**
- **Lógica de determina o do ponto de corte:**
 - deseja-se atuar sobre 95% das falhas apontadas no FMEA
 - O valor máximo de RPN   $(10 \times 10 \times 10) = 1000$
 - 95% de 1000   950. $1000 - 950 = 50$. Assim, 50   o ponto de corte para análise



15

O Processo de Condução do FMEA

- 1. Selecione a equipe**
- 2. Elabore o diagrama funcional de blocos (sistema/projeto) e/ou fluxograma de processo (processo/serviço).**
- 3. Priorize -** priorização pode ser definida pelo cliente, pela gerência ou pela própria equipe.

O Processo de Condução do FMEA

- 4. Colete dados** - nesta etapa, a equipe começa o preenchimento da tabela do FMEA.
- 5. Análise** - pode ser quantitativa ou qualitativa. Algumas ferramentas são *brainstorming*, análise de causa-e-efeito, QFD, DOE, CEP, modelagem matemática, simulação, etc.
- 6. Resultados** - baseados na análise dos dados. Quantifique a severidade, ocorrência e detecção.

O Processo de Condução do FMEA

- 7. Confirme / avalie / meça** - avalie se a situação está melhor, igual ou pior, comparada ao estado inicial.
- 8. Repita o procedimento** - o objetivo é promover a melhoria contínua, eliminando ou minimizando todas as falhas.

Tipos de FMEA

1. Projeto/Produto

- usado na análise de produtos antes e sua manufatura;
- focaliza em modos de falha causados por deficiências no projeto.



concentraremos neste tipo de FMEA

Tipos de FMEA

2. Processo

- usado na análise de processos de manufatura e montagem
- focaliza em modos de falha causados por deficiências na manufatura ou montagem

Desenvolvimento de um FMEA de Projeto

Reúna informações quanto à:

- demanda de qualidade dos clientes;
 - desempenho dos concorrentes;
 - normas técnicas e de engenharia;
 - dados de assistência técnica;
 - capacidade de manufatura; etc.
- **Identificando as características desejadas, pode-se identificar modos de falha e ações corretivas.**

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

21

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Num. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:					
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pag. ____ de ____					
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:									
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:									
Função do Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação		
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
(24) Assinaturas:													

(1) N° do FMEA - para efeitos de arquivo e rastreabilidade.

(2) Identificação do item

(3) Modelo / Produto - especifique o produto e o modelo em estudo

(4) Departamento responsável - departamento, seção ou grupo responsável.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

22

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidd	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomend	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			RPN
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	
(24) Assinaturas:														

(5) Preparado por: - nome e ramal do engº responsável pelo FMEA.

(6) Data de conclusão - data em que o produto será passada à manufatura.

(7) Data do FMEA - data de início do estudo.

(8) Equipe - nomes e departamentos da equipe de trabalho.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

23

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidd	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomend	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			RPN
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	
(24) Assinaturas:														

(9) Data de revisão do FMEA - indique a data e número da última revisão.

Pág. ____ de ____ - numeração de página.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

24

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	RPN
(10)														
(24) Assinaturas:														

(10) **Função de Projeto** - indique nome / nº do item em estudo, da maneira como aparece no projeto. Indique também a função do item, de maneira breve. Itens com mais de uma função (c/ diferentes modos de falha) são listados separadamente.

(11) **Modo potencial de falha** - falha no atendimento à demanda de projeto. Liste todos os modos de falha por item ou função, inclusive aqueles decorrentes de condições especiais de operação. Use experiência e dados históricos. Alguns modos de falha são: vazamento, fratura, oxidação, curto-circuito, fissura, deformação, etc.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

25

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	RPN
(10)														
(24) Assinaturas:														

(12) **Efeito potencial da falha**

- São efeitos percebidos pelos usuários internos ou externos.
- Podem ser percebidos a nível de sistema, subsistema ou componente, devendo ser indicados como tal.
- Ex.: componente quebra por fratura, causando vibração no conjunto e operação intermitente do sistema.
- Alguns efeitos potenciais de falha: instabilidade, aspecto desagradável, inoperação, operação intermitente, ruído, etc.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

26

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:			(5) Preparado por:			(9) Data de revisão do FMEA:									
(2) Identificação do item:			(6) Data de conclusão:			Pág. ____ de ____.									
(3) Modelo / Produto:			(7) Dia do FMEA:												
(4) Departamento responsável:			(8) Equipe:												
Função do Projeto	Modo potencial da falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação				
											Ação tomada	Sever.	Ocorr.	Detec.	RPN
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)		
(24) Assinaturas:															

(13) Característica crítica

- identifique com um S (sim) ou N (não) se um item é potencialmente crítico.
- itens críticos são aqueles que:
 - afetam a segurança de operação do equipamento;
 - têm potencial de comprometer o atendimento às normas previstas na legislação;
- itens críticos podem ser dimensões, ferramentas, processos, etc.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

27

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:			(5) Preparado por:			(9) Data de revisão do FMEA:									
(2) Identificação do item:			(6) Data de conclusão:			Pág. ____ de ____.									
(3) Modelo / Produto:			(7) Dia do FMEA:												
(4) Departamento responsável:			(8) Equipe:												
Função do Projeto	Modo potencial da falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação				
											Ação tomada	Sever.	Ocorr.	Detec.	RPN
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)		
(24) Assinaturas:															

(14) Severidade - avalie a severidade do efeito listado na coluna anterior utilizando a escala anteriormente apresentada.

(15) Causa potencial da falha - identificação da raiz do problema. A causa potencial é uma deficiência no projeto que resulta em um modo de falha. O objetivo é listar todas as causas/mecanismos de falha percebidos pela equipe.

- Ex. de causas: especificação incorreta de material, sobrecarga, falta de lubrificação, exposição excessiva ao ambiente, erro de montagem, etc.
- Ex. de mecanismos: fadiga, escoamento, instabilidade elástica, deformação lenta, etc.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

28

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função do Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
(24) Assinaturas:														

(16) **Ocorrência** - avalie a probab de ocorrência da causa/mecanismo usando a escala anteriormente apresentada.

(17) **Método de detecção** - diz respeito às atividades de validação, verificação e prevenção planejadas que asseguram a robustez do produto relativamente ao modo / mecanismo de falha em questão. No caso de nenhum método planejado detectar o modo de falha, o novo método deve ser listado nas *ações recomendadas*.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

29

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função do Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
(24) Assinaturas:														

(18) **Detecção** - estimativa da habilidade dos controles atuais em detectar modos potenciais de falha antes do comp/subsist ser liberado p/ produção. Use a escala anteriormente apresentada.

(19) **RPN** - medição do risco que permite priorizar as ações de correção e melhoria.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

30

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	RPN
(10)														
(24) Assinaturas:														

(20) **Ação recomendada** - dirigidas aos itens de maior RPN.

- alterações no projeto reduzem Severidade e Ocorrência.
- ações dirigidas às etapas de verificação reduzem a probabilidade de não-detecção do modo.
- exemplos de ações recomendadas: rever desenho de partes do projeto, rever especificações de materiais, rever planos de teste, usar DOE, etc.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

31

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Núm. do FMEA:				(5) Preparado por:				(9) Data de revisão do FMEA:						
(2) Identificação do item:				(6) Data de conclusão:				Pág. ____ de ____.						
(3) Modelo / Produto:				(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:				(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomendada	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação			
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	RPN
(10)														
(24) Assinaturas:														

(21) **Responsável / Data Conclusão** - identificar grupo ou indivíduo responsável pela ação recomendada, bem como *deadline* para conclusão.

(22) **Ação tomada** - descrever brevemente as ações de correção/melhoria implantadas e data de implantação.

Flávio Fogliatto

Confiabilidade PROMINP

32

Preenchimento da tabela do FMEA

(1) Num. do FMEA:			(5) Preparado por:			(9) Data de revisão do FMEA:							
(2) Identificação do item:			(6) Data de conclusão:			Pág. ____ de ____.							
(3) Modelo / Produto:			(7) Dia do FMEA:										
(4) Departamento responsável:			(8) Equipe:										
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidd	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN	Ação Recomend.	Responsável & Data Conclusão	Resultados da Ação		
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
(24) Assinaturas:													

(23) **Resultados da Ação** - antes de efetuar as ações corretivas, estima-se os valores futuros de Severidade, Ocorrência e Detecção. No caso de nenhuma ação prevista, as colunas permanecem em branco.

(24) Assinaturas.

Exemplo de FMEA de Projeto - Projeto de um ventilador p/ automóveis.

(1) Nome do item: <i>motor</i>													
Função de Projeto	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	▽ Severidd	Causa potencial da falha	Ocorrência	Método Detecção	Detecção	RPN					
Fornecer força mecânica	Vibração do ventilador	Ruído, vibração, desgaste do motor	N	5	Centro de gravidade deslocado do centro de rotação.	Veículos testados quanto a intensidade de vibração	4	100					