





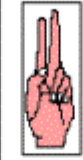


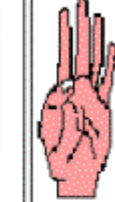




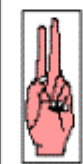
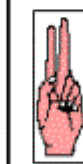





Qualidade
 Produtividade
 Recursos Humanos

Consultoria & Treinamento

Análise de Modo e Efeito de Falha

FMEA

FALHA POTENCIAL	EFEITOS DA FALHA	CAUSAS DA FALHA	CONTROLE ATUAL	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECTABILIDADE	RISCO	AÇÕES PREVENTIVAS
				(S)	(O)	(D)	S x O x D	
				 2	 1	 2	 4	
				 2	 2	 4	 16	

INTRODUÇÃO – Visão Panorâmica

Nesta apostila temos a pretensão de conversarmos da maneira mais informal possível sobre esta tal de FMEA, na busca de desmistificar a metodologia e dar ao leitor noções sobre a efetiva importância da mesma.

Nosso escopo objetiva atender ao leitor que nunca lidou com esta metodologia assim como aqueles outros que, já tendo algum conhecimento sobre o tema, desejam ver sua abordagem de uma maneira mais clara e objetiva, com foco em resultados.

DEFINIÇÕES

➤ FMEA (“**Failure Mode and Effects Analysis**”/Análise do Modo e Efeito de Falhas)

Trata-se de uma metodologia desenvolvida nos EUA que nos permite identificar, a partir de um determinado modo de falha que o produto (projeto) ou processo possa apresentar (um inconveniente, uma não conformidade no uso ou na aplicação, um mau desempenho, etc.), ações preventivas (ou mesmo corretivas, no caso de revisões) que impeçam ou reduzam a possibilidade de sua ocorrência – o que pode ser feito para evitar que o tal modo de falha venha a ocorrer. Para tanto, supondo que este modo de falha possa ocorrer, devemos assinalar:

- qual seria o efeito (qual o dano, problema, perturbação) decorrente,
- em qual proporção (qual a severidade do mesmo),
- quais seriam suas causas mais prováveis para que isto possa ocorrer (6M’s),
- qual a probabilidade destas causas agirem (nível de ocorrência),
- quais são nossos meios de controle para detectar esta possível falha e
- qual é nossa capacidade de identificar que este modo de falha teria ou não ocorrido (qual a nossa detectabilidade da falha ainda internamente à nossa empresa).

Este trabalho inicial, como veremos mais adiante, nos permitirá priorizar nossas ações, abordando nossas mais significativas prioridades. Deste modo, estão disponíveis na literatura as seguintes definições para esta metodologia:

- Compreensão generalizada: Trata-se de uma ferramenta que permite analisar a ocorrência de falhas possíveis e considerar suas conseqüências.
- Definição Técnica: Trata-se de um método indutivo de desenvolvimento de análises qualitativas da confiabilidade ou segurança de um produto, conjunto ou sistema.
- MAIS CLAREZA: Trata-se de uma metodologia da qualidade que consiste de um método analítico (método organizado e em time, não solitário, para se fazer uma análise crítica) e preventivo (ver com clareza e antecipadamente as falhas possíveis sobre as quais pode-se tomar ações preventivas), aplicável a todos os projetos e processos para identificar e analisar todas as falhas potenciais e seus efeitos, definindo ações prioritárias para minimizá-las (reduzir sua incidência) ou evitá-las. Esta metodologia deve considerar todos os aspectos relativos aos 6M’s (Mão de obra, Máquinas, Métodos, Medições, Matérias primas e Meio ambiente) que possam interferir na qualidade e no desempenho do projeto, processo ou instalação em análise.

Assim, trata-se de um método indutivo, analítico e, algumas vezes, intuitivo para se identificar falhas potenciais em um dado produto/projeto ou processo e se prevenir delas,

na medida em que um time multifuncional, com várias competências do produto (ou do processo produtivo) em análise, critica a possibilidade de uma tal falha ocorrer, avaliando seus danos (repercussões), suas causas, a competência em contê-las e as ações que podem ser tomadas para reduzi-las ou evitá-las. Mas atenção, como veremos mais adiante, a competência da metodologia ficará extremamente prejudicada se ela for aplicada sem este time multifuncional, de forma solitária, ou mesmo “queimando” etapas, o que também limitará substancialmente o “poder de fogo” da metodologia.

HISTÓRICO

➤ ORIGEM

- Ferramenta desenvolvida por engenheiros de confiabilidade para identificar problemas de disfunções de hardware (indústria eletroeletrônica, computadores, telecomunicações).
- Usado largamente durante o desenvolvimento da indústria aeroespacial, em meados dos anos 60.

➤ APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

- A SAE – Sociedade de Engenharia Automotiva – recomendou seu uso em 1967.
- As grandes montadoras americanas e européias passaram a usar o FMEA nos anos 80 e exigir de seus fornecedores o emprego da metodologia (método).
- Uso mandatório pela QS 9000, itens: 4.2.3 - Planejamento da qualidade (APQP) e II.1 PPAP (é obrigatório), e incorporado pela ISO TS 16946.

A METODOLOGIA E O SISTEMA DA QUALIDADE

➤ PLANEJAMENTO DA QUALIDADE

- O fornecedor DEVE usar o manual APQP como referência.


➤ CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS

- Particularmente durante a preparação dos FMEA's e do Plano de Controle, o Time de Planejamento DEVE finalizar as características especiais e estabelecer controles apropriados para essas características. É, portanto, essencial, que o time multifuncional detenha informações quando a aplicação do produto/projeto em desenvolvimento e/ou sobre a continuidade de seu processo produtivo – rever o requisito “Análise Crítica do Contrato” do Sistema da Qualidade.

Nota explicativa:

Característica: É a variável especificada para a qual se deseja estudar o produto/projeto ou processo.

Classificação das características: No setor automotivo, as características podem ser classificadas em:

- Características relacionadas à segurança (características Report, usualmente identificadas pela simbologia R ou ).
- Características relacionadas diretamente com o funcionamento do componente e/ou do veículo, que trazem grandes inconvenientes aos mesmos quando se apresentam em não conformidades, como, por exemplo, falha funcional do componente que causam imobilização do veículo (características críticas, usualmente identificadas pela simbologia C).
- Características relacionadas diretamente com o funcionamento do componente no veículo, mas que não trazem grandes inconvenientes ao mesmo quando se apresentam em não conformidades; os inconvenientes podem ser assimilados pelo usuário por algum tempo até o reparo posterior, não causando a imobilização do veículo (características importantes, usualmente identificadas pela simbologia I).
- Características não relacionadas com o funcionamento do veículo; os inconvenientes podem ser assimilados pelo usuário por longos períodos de tempo até o reparo posterior, não causando maiores transtornos (características secundárias, usualmente identificadas pela simbologia S).

Características especiais (ou significativas) – São aquelas características que têm relevância, que têm impacto, na aplicação do produto/projeto ou no processo produtivo. São características que, se falharem, comprometem a aplicação do produto, ou a continuidade do processo. São todas aquelas características (dimensionais, químicas, físicas, mecânicas, etc) que podem influenciar na aplicação do produto e/ou componente ou na continuidade do processo produtivo, impedindo sua montagem, ou reduzindo a vida útil do conjunto final onde o mesmo será aplicado ou mesmo comprometendo a funcionalidade deste conjunto final (por exemplo, introduzindo ruídos indesejáveis, promovendo perda de eficiência, causando interferências dimensionais graves, etc).

➤ **FMEA's de PROCESSO**

- Os FMEA's de Processo devem considerar todas as características especiais do produto em exame, com foco em sua aplicação mas, também, com foco nas operações seguintes, analisando as necessidades dos clientes internos. Esforços devem ser conduzidos visando a prevenção de defeitos ao invés da detecção de defeitos, considerando todos os aspectos relativos aos 6M's (Mão de obra, Máquinas, Métodos, Medições, Matérias primas e Meio ambiente) que possam interferir na qualidade e no desempenho do projeto, processo ou instalação em análise.
- Perceba que a metodologia FMEA promove uma mudança em nosso foco: ela estimula a mudança de nosso "olho" sobre o produto – controle do produto em processo e controle do produto acabado/inspeção final, para o "olho sobre o processo". Ao invés de ficar-se administrando a fábrica puramente através do controle da qualidade dos produtos, a FMEA estimula ao controle dos processos – "o pré-natal durante a gravidez".
- Para a sua segurança, todos os FMEA's devem ser aprovados pela Engenharia e pela Qualidade de seus clientes.
- Deve incluir o escopo de revisão nesse documento (modificações e revisões anuais).

- “Caixas Pretas” – componentes, sub-conjuntos, conjuntos ou sistemas desenvolvidos pelo próprio fornecedor – devem ter aprovação no FMEA de Projeto.
- Consultar posteriormente o Manual FMEA – aqui não esgotaremos o tema.

OBJETIVOS DA METODOLOGIA - FINALIDADES

➤ METODOLOGIA COM FINALIDADE DE:

- Identificar, priorizar e agir em relação a falhas potenciais do produto e processo.
- Aumentar a confiabilidade, disponibilidade e a manutenção dos requisitos estabelecidos para o produto e o processo.
- Mudar o paradigma de relação interdepartamental, integrando as equipes, saindo do conceito

✓ **TRADICIONAL :**

para o conceito da

✓ **ENGENHARIA SIMULTÂNEA (Times Multifuncionais):**



BENEFÍCIOS

➤ BENEFÍCIOS DA METODOLOGIA:

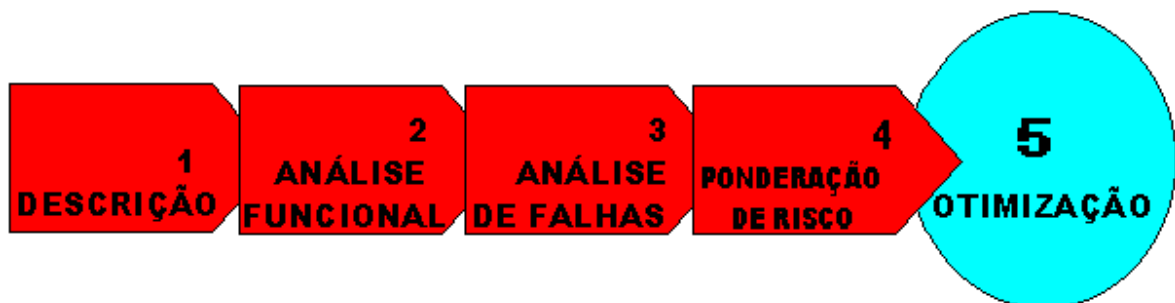
- Aumenta o conhecimento dos profissionais envolvidos (**time multifuncional de competência da empresa**), pois os assuntos são tratados sem barreiras interdepartamentais.
- Cria e reforça iniciativas de prevenção (nova cultura – é possível estar bem com seu cliente quando se é bom em ações corretivas; mas os clientes esperam que as empresas fornecedoras **NÃO** apresentem falhas), inclusive sendo uma fonte apropriada de informações para atender o requisito – Ações Preventivas da ISO/QS 9000/ISO TS 16946.
- Preserva a “Memória Técnica” ou “Know-how” da organização (tecnologia), com informações que podem ser utilizadas no futuro em produtos similares. A FMEA permite acumular os conhecimentos técnicos da organização, facilitando desenvolvimentos futuros e minimizando erros, ganhando em velocidade – fazer certo da primeira vez e dotando-a de competências internas imprescindíveis à própria sobrevivência do empreendimento.
- Reduz sistematicamente problemas comuns no desenvolvimento de produtos e processos, tais como:

Re-projeto, Re-planejamento, Retrabalho de ferramental, Coordenação difícil, Prazos não cumpridos, seleções/escolha, retrabalhos, refugos, falhas internas e externas e os Custos inerentes a esses problemas (redução do lucro).

TIPOS DE FMEA's

➤ QUANTO À ABORDAGEM:

- FMEA ESTRUTURADO:
 - ✓ Muito usado para FMEA's de Conjuntos ou Sistemas complexos (Automóveis, Computadores, etc).
 - ✓ Abordagem mais detalhada, dividida em 5 fases:



FMEA CONVENCIONAL:

- ✓ Usado para Componentes, Conjuntos ou Sistemas mais simples, como é o caso da maioria dos produtos fornecidos às montadoras.
- ✓ Este é o escopo deste treinamento (Fases 3, 4 e 5).

➤ **QUANTO AO ESCOPO:**

• **FMEA DE PROJETO:**

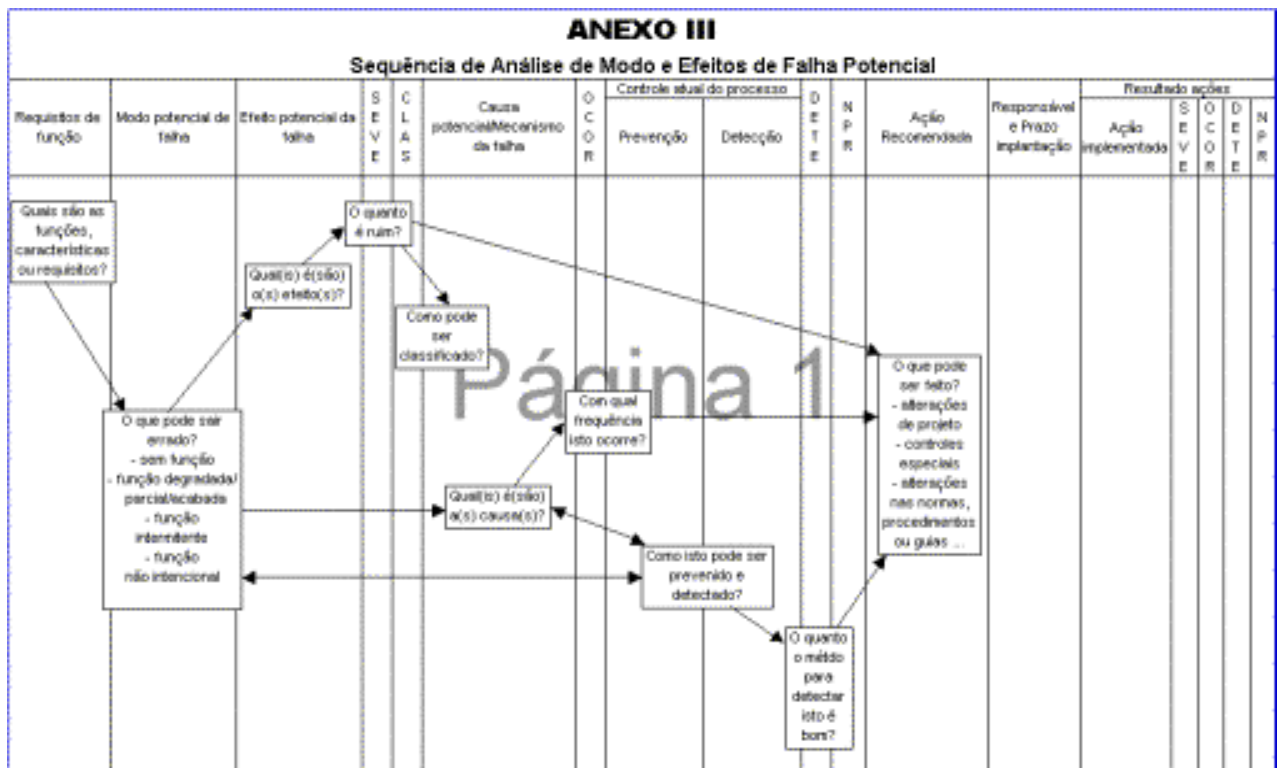
- ✓ Abrange: Componentes, Sub-conjuntos, Conjuntos ou Sistemas.
- ✓ Foco nos modos potenciais de falha causados por deficiências de projeto.
- ✓ Clientes: Outros projetistas, Engenharia de Processo, Produção e Usuário final.

• **FMEA DE PROCESSO:**

- ✓ Abrange: Máquinas, Dispositivos, Ferramentas, Equipamentos, Pessoas, Estações de Trabalho, etc.
- ✓ Foco nos modos potenciais de falha causados por deficiências de processo.
- ✓ Clientes: Próximas operações, Assistência técnica e Usuário final.

DEFINIÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO DAS FMEA's

(veja formulário ilustrativo no anexo 3 – reproduzido a seguir)



➤ **ITEM/FUNÇÃO:**

- FMEA de Projeto: É a tarefa que um componente, sub-conjunto, conjunto ou sistema deve executar, identificada pelo time multifuncional, como: Fixar, suportar, prender, proteger, etc.
- FMEA de Processo: É a descrição do que se espera que o processo faça, definida pelo time multifuncional, como: Conformar, usinar, montar, etc.

➤ **MODO POTENCIAL DE FALHA:**



▪ **FALHA:** É a possibilidade da inabilidade de um componente, sub-conjunto, conjunto ou sistema ou processo, funcionar de acordo com o projetado ou previsto; em outras palavras, é obter-se um resultado não esperado e não de acordo com o que foi planejado para um componente, sub-conjunto, conjunto, sistema ou processo.

- FMEA de Projeto: É o modo pelo qual um produto pode deixar de atender aos requisitos de projeto ou expectativas do cliente, como: curto-circuito, deformado, não abre, não para, oxidação, etc.
- FMEA de Processo: É o modo pelo qual uma etapa do processo pode deixar de atender ao requisito, como: Dimensão errada, trincas.



➤ **EFEITO POTENCIAL DE FALHA:**

- É o resultado ou a consequência decorrente da ocorrência do modo de falha (qual ou quais são os desdobramentos se esta falha ocorrer); é aquilo que o cliente (interno ou externo) percebe, como:
 - ✓ No FMEA de Projeto: Ruidoso, instabilidade, fora de padrão, inoperante, enferruja, causa acidente, causa insatisfação.
 - ✓ No FMEA de Processo: Não monta na contra-peça, fragilidade, rebarbas, danifica a máquina, necessidade de retrabalho.



➤ **SEVERIDADE:**

- É a estimativa da gravidade do **Efeito potencial de Falha** (de projeto ou processo), levando-se em consideração o impacto junto ao cliente (interno ou externo) ou usuário final.



➤ **CAUSA POTENCIAL DA FALHA / MECANISMO DA FALHA:**

É recomendável que sejam explorados, em toda a sua extensão, a influência de cada um dos 6M's (mão de obra, máquinas, métodos, medições, meio ambiente e matérias primas/componentes) como fonte para que a falha ocorra ou para que um dado mecanismo de falha possa atuar. Não queime esta etapa, não limite sua criatividade, não permita censura de idéias

nesta fase. A seguir está apresentado, para efeito ilustrativo, o diagrama de Ishikawa (Análise de Causa e Efeitos).

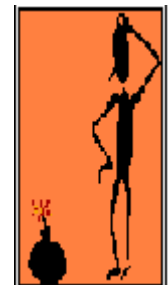
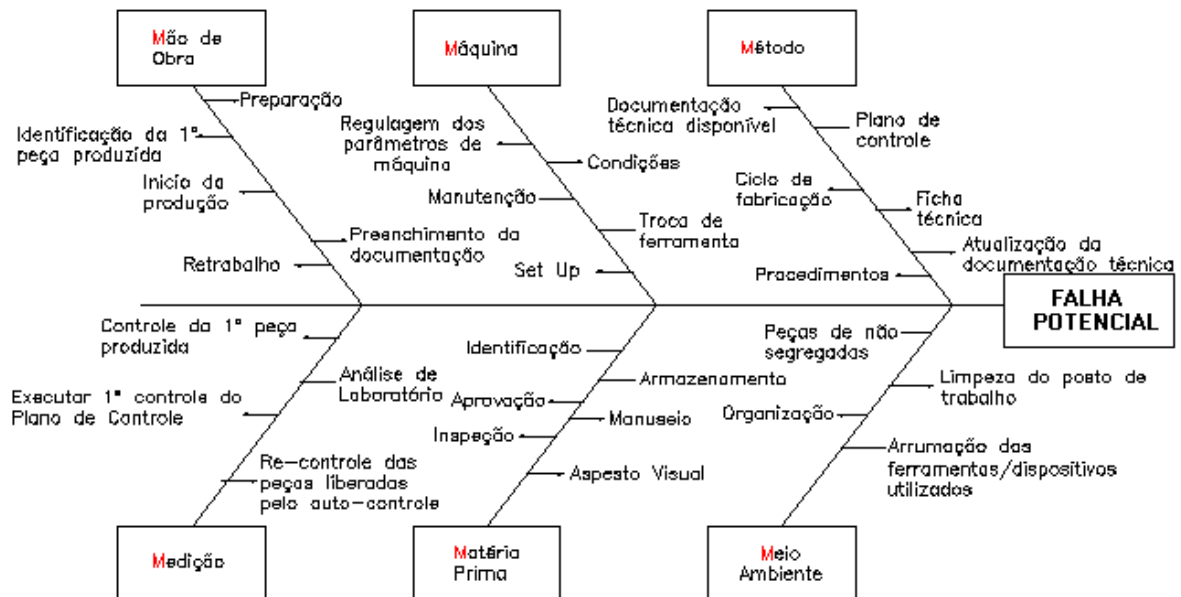


DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO - 6M's



- FMEA de Projeto: É a deficiência do projeto que pode causar o modo de falha em questão, como: Material inadequado, especificação incorreta, contaminação.
- FMEA de Processo: É a deficiência do processo que pode causar o modo de falha em questão, por exemplo: Set up incorreto da máquina, tratamento térmico executado fora do especificado, secagem inadequada da tinta.

➤ OCORRÊNCIA:

- É a estimativa da probabilidade da **Causa potencial da falha/mecanismo da falha** ocorrer/atuar e resultar no **Modo potencial de falha** em estudo.



➤ CONTROLE ATUAL:

É recomendável que sejam claramente identificados os controles atuais empregados com a característica de prevenção e aqueles empregados para a detecção da falha.

- FMEA de Projeto: Conjunto de ações para verificar/comprovar a performance do produto, como: Teste de vida, ensaio de material, provas de fadiga.
- FMEA de Processo: Conjunto de controles de processo para evitar ou detectar a falha, como: CEP, monitoramento/inspeção volante, auditoria, etc.



➤ DETECÇÃO:

- É a estimativa da probabilidade do(s) **Controle(s) Atual(is)** de projeto ou processo, identificar(em) uma falha potencial, **antes** que:
 - ✓ No FMEA de Projeto: O produto seja liberado para produção.

✓ No FMEA de Processo: O produto seja liberado para o cliente (interno ou externo).

➤ **RISCO (ou Número de Prioridade de Risco - NPR):**

- É o produto dos índices de estimativa de Severidade (**S**), Ocorrência (**O**) e Detecção (**D**), sendo utilizado para priorizar ações preventivas para os modos de falha.

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

FORMULÁRIOS, TABELAS E N.P.R.

- Não existe “**Verdade Única**” em termos de Formulário, Escala ou NPR máximo a ser adotado.
- O manual FMEA da QS 9000 traz um exemplo de formulário e tabela (1 a 10) que pode ser utilizada se a empresa assim decidir, não sendo obrigatórios. Nos **Anexos I e II** apresentamos nossa sugestão para formulários para as FMEAS de Projeto e de Processo, respectivamente. O **Anexo III** apresenta a seqüência de análise de modo e efeitos de falha potencial. Ainda que algumas colunas constem em qualquer formulário, como: Falha, Modo, Efeito, Severidade, Ocorrência, Detecção e Risco.
- O mesmo ocorre para o NPR; não existe um **Número Mágico** a partir do qual ações preventivas devam ser tomadas. Cada empresa deve estabelecer critérios que atendam sua cultura, tipo de produto e processo.

Todavia é necessário lembrar que ações para melhorias e prevenção são sempre recomendáveis para índices muito elevados de Severidade da falha, assim como para os mais elevados valores do NPR, independentemente de quanto ele tenha alcançado, levando-se sempre em consideração a análise do custo/benefício de cada ação. É com este princípio que a FMEA é uma metodologia de extremo valor (talvez, em nossa avaliação, a mais poderosa de todas as metodologias da qualidade), sendo recomendada sua revisão crítica com correspondente atualização, pelo menos, anualmente (notadamente as FMEA's de Processo).

4- EFEITO POTENCIAL DE FALHA

- É o que o usuário irá perceber ou notar.
- Exemplos: Redução da vida, instabilidade, aparência insatisfatória, ruído excessivo, dificuldade de operar, etc.

➤ 5- SEVERIDADE

- É a avaliação da gravidade do efeito da falha, caso ela ocorra.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.
- Índices de Severidade só podem ser reduzidos por modificações de projeto.

Projeto/processo – exemplo 1:

Efeito	Severidade do efeito no cliente (externo/interno)	Severidade do efeito na planta de manufatura/montagem	Pont.
Perigoso sem alerta	O grau de severidade é muito alto quando o efeito de falha ocorre sem alerta e afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não-cumprimento com legislação/ regulamentações governamentais.	Ou quando o efeito da falha possa causar riscos ao operador (máquina ou montagem) e ocorra sem alerta.	10
Perigoso com alerta	O grau de severidade é muito alto quando o efeito de falha ocorre precedido de um alerta e afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não-cumprimento com legislação/ regulamentações governamentais.	Ou quando o efeito da falha possa causar riscos ao operador (máquina ou montagem) e ocorra precedido de um alerta.	9
Muito alto	Um item ou veículo torna-se inoperante (perda de função primária)	Ou 100% do produto possam ter de ser sucitado, ou o veículo/item tenha de ser reparado num departamento de reparos com um tempo de reparo maior que uma hora.	8
Alto	Veículo/item operante, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente muito insatisfeito	Ou produto tenha de ser selecionado e uma parcela (menor do que 100%) sucitada tenha de ser sucitada, ou o veículo tenha de ser reparado num departamento de reparos com um tempo de reparos entre 30 min. e uma hora.	7
Moderado	Veículo/item está operante, mas item(s) de conforto e/ou comodidade inoperante(s). Cliente insatisfeito.	Ou uma parcela do lote do produto tenha de ser sucitada sem a necessidade de seleção, ou o veículo tenha de ser reparado num departamento de reparos com um tempo de reparos menor do que 30 minutos.	6

Efeito	Severidade do efeito no cliente (externo/interno)	Severidade do efeito na planta de manufatura/montagem	Pont.
Baixo	Veículo/item está operante, mas item(s) de conforto e/ou comodidade estão operando com um nível de desempenho reduzido. Cliente sente alguma insatisfação.	Ou 100% do produto tenha de ser retrabalhado, ou o veículo/item tenha de ser reparado fora da linha, mas sem a necessidade de ir para um depto de reparo.	5
Muito baixo	Item de ajuste/encaixe não conforme. Defeito percebido pela maioria dos clientes (mais de 75%)	Ou o produto tenha de ser selecionado, sem sucateamento, e uma parcela menor do que 100% tenha de ser retrabalhada.	4
Menor	Item de ajuste/encaixe não-conforme. Defeito percebido pela minoria dos clientes (menores de 25%)	Ou uma parcela menor do que 100% do produto tenha de ser retrabalhada, sem sucateamento, no posto de trabalho.	3
Muito menor	Item de ajuste/encaixe não-conforme. Defeito percebido pela minoria dos clientes (menos de 25%)	Ou uma parcela (menor do que 100%) do produto tenha de ser retrabalhada, sem sucateamento, no posto de trabalho.	2
Nenhum	Sem efeitos perceptíveis.	Ou leve inconveniência para a operação ou para o operador, ou sem efeito.	1

Projeto/processo – exemplo 2:

Efeito	Severidade do efeito no cliente (externo/interno)	Severidade do efeito na planta de manufatura/montagem	Pont.
Muito perigoso	O erro pode colocar o cliente em situações difíceis (prejuízo/insatisfação com seus clientes/parceiros) e/ou envolve o cliente no não cumprimento com a legislação/ regulamentações governamentais	O fornecedor assume o prejuízo do cliente, além de arcar com todas as despesas geradas pelo produto não conforme.	10
Perigoso	O erro pode causar prejuízos internos ao cliente paradas de linha, atrasos na produção, inspeção com mão-de-obra do cliente, etc. Obs: Falha não detectada na inspeção de recebimento do cliente.	O fornecedor assume todas as despesas geradas pelo produto não conforme (transporte, mão-de-obra, matéria prima, etc).	9
Muito alto	100% do Item/produto sem função devido ao não atendimento das especificações. Obs: Falha detectada na inspeção de recebimento do cliente.	Produto será 100% sucitado sem possibilidades de ser retrabalhado ou reparado.	8

Efeito	Severidade do efeito no cliente (externo/interno)	Severidade do efeito na planta de manufatura/montagem	Pont.
Alto	100% do Item/produto fornecido sem função devido ao não atendimento das especificações. Obs: Falha detectada na inspeção de recebimento do cliente.	O produto será 100% inspecionado, sendo que apenas parte do lote devolvido será possível ser retrabalhada e/ou reparada - (com sucateamento)	7
Moderado	<100% do Item/produto fornecido com o nível de desempenho baixo devido ao não atendimento das especificações. Obs: Falha detectada na inspeção de recebimento do cliente.	O lote/produto devolvido será 100% retrabalhado e/ou reparado - (sem sucateamento)	6
Baixo	< 100 e > 50% do Item/produto fornecido com um nível de desempenho reduzido devido ao não atendimento às especificações. Obs: Falha detectada na inspeção de recebimento do cliente.	O lote devolvido deverá ser 100% reparado sem necessidade de ser retrabalhado ou sucitado.	5
Muito baixo	< 50% do Item/produto fornecido com um nível de desempenho reduzido devido ao não atendimento às especificações. Obs: Falha detectada na inspeção de recebimento do cliente.	Uma parcela menor que 50% do lote devolvido tenha de ser reparada	4
Menor	Defeito percebido por menos de 50% dos clientes	Pequeno reparo	3
Muito menor	Defeito percebido pela minoria dos clientes (menos de 25%)	Pequeno reparo	2
Nenhum	Sem efeitos perceptíveis	Leve inconveniência para o operador, ou sem efeito	1

➤ 6- CLASSIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS

- Como o FMEA de projeto **DEVE-SE** considerar **TODAS** as características especiais ou significativas (do cliente ou internas) – relacionadas à segurança, críticas e importantes (relacionadas à funcionalidade e/ou falhas de aplicação), sendo que seu tipo ou simbologia deve ser identificado no campo correspondente do formulário.
- Controles especiais são requeridos para essas características.

➤ 7- CAUSA POTENCIAL DA FALHA

- São as prováveis causas dos modos de falha e demonstram os pontos fracos do projeto.
- Exemplos: Especificação errada, Espessura inadequada, comprimento insuficiente, Dureza baixa, Vedação inadequada, etc.

➤ 8- OCORRÊNCIA

- É a avaliação da probabilidade que a falha ocorra.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.

Projeto/processo - exemplo:

Probabilidade	Taxas de falhas possíveis	Pont.
Muito alta: Falhas persistentes	≥ 10.000 ppm	10
	≥ 5.000 ppm e < 10.000 ppm	9
Alta: Falhas freqüentes	≥ 2.000 ppm e < 5.000 ppm	8
	≥ 1.000 ppm e < 2.000 ppm	7
Moderada: Falhas ocasionais	≥ 700 ppm e < 1.000 ppm	6
	≥ 500 ppm e < 700 ppm	5
	≥ 300 ppm e < 500 ppm	4
Baixa: Poucas falhas	≥ 200 ppm e < 300 ppm	3
	≥ 50 ppm e < 200 ppm	2
Remota: Falha é improvável	< 50 ppm	1

➤ **9- CONTROLES ATUAIS DE PROJETO**

- Conjunto de controles e verificações existentes para assegurar a performance do produto.
- Exemplos: Revisões de projeto, plano de verificação do projeto, testes de protótipos, simulações, comparações com projetos similares, etc.

➤ **10- DETECÇÃO**

- É a avaliação da probabilidade de se detectar a falha.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.

Processo - exemplo:

Deteção	Critério	Tipos de inspeção			Amplitude sugerida dos métodos de deteção	Pont.
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta de não deteção			X	Controle não pode detectar ou não é realizado.	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar			X	Controle é realizado por meio de verificações indiretas ou aleatórias.	9
Remota	Controles têm poucas chances de deteção			X	Controle é realizado por meio de inspeção visual apenas.	8
Muito baixa	Controles têm poucas chances de deteção			X	Controle é realizado por meio de inspeção visual apenas.	7
Baixa	Controles podem detectar		X	X	Controle é realizado por meios de métodos gráficos, tal como carta de tendência.	6

Detecção	Critério	Tipos de inspeção			Amplitude sugerida dos métodos de detecção	Pont.
		A	B	C		
Moderada	Controles podem detectar		X		Controle é realizado por meio de sistemas de medição por variáveis, após as peças terem saído da estação, ou são usados dispositivos passa não passa em 100% das peças, após elas terem saído da estação.	5
Moderadamente alta	Controles têm boas chances de detectar	X	X		Detecção do erro em operações subseqüentes, ou medição realizada durante o setup e verificação da primeira peça (para caso de setup apenas).	4
Alta	Controles têm boas chances de detectar	X	X		Detecção do erro na estação ou detecção em operações subseqüentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecimento, seleção, instalação, verificação. Não aceita peças discrepantes.	3
Muito alta	Quase certeza de detecção pelos controles	X	X		Detecção de erro na estação (sistema de medição automático com dispositivo de parada automática). Peças discrepantes não passam.	2
Garantida	Certeza de detecção pelos controles	X			Peças discrepantes não podem ser feitas, pois existem dispositivos à prova de falhas no projeto do processo ou produto e/ou CEP (controle estatístico do processo)..	1

Tipos de inspeção:
A – À prova de erros/CEP
B – Sistema de medição
C – Inspeção manual

Projeto:

Detecção	Probabilidade de detecção pelo controle do projeto	Pont.
Certeza absoluta de não detectar	O controle de projeto certamente não poderá/irá detectar um mecanismo/causa potencial de falha e subseqüente modo de falha; ou não há controle de projeto	10
Detecção muito remota	Existe uma chance muito remota de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de falha	9
Detecção remota	Existe uma chance remota de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de falha	8
Muito baixa	Chance muito baixa de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de falha	7
Baixa	Chance baixa de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de falha	6
Moderado	Chance moderada de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de falha	5

Detecção	Probabilidade de detecção pelo controle do projeto	Pont.
Moderadamente alta	Chance moderadamente alta de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subseqüente modo de	4

	falha	
Alta	Alta chance de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subsequente modo de falha	3
Muito alta	Chance muito alta de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subsequente modo de falha	2
Quase certa	Chance quase certa de que o controle de projeto irá detectar um mecanismo/causa potencial e subsequente modo de falha	1

➤ 11- RISCO (NPR)

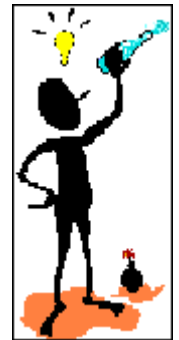
- É o fator da multiplicação dos valores de (S), (O) e (D).
- Pode-se padronizar um **NPR** máximo, onde ações preventivas devem ser tomadas, mas deve-se analisar caso a caso.

➤ 12- AÇÕES RECOMENDADAS



- Os índices de risco (**NPR**) estabelecem as prioridades para os diversos **Modos de Falha**.
- Quanto maior o índice (**NPR**), mais importante é sua resolução através da tomada de ações preventivas, visando diminuir esse índice.
- Altos índices de Severidade também podem requerer ações para minimizar o (**NPR**).

Para o planejamento da ações a serem tomadas e a adequada e rigorosa monitoração de implantação é aconselhável que seja desenvolvido um formulário ou mecanismo baseado nos **5W-1(2)H** que seja uma memória técnica e de gestão (**5W-1(2)H**: **what** – o quê fazer, **why** – por quê fazer, **when** – quando e **where** – onde fazer, **who** – quem fará, **how** – como deverá ser feito e **how much** – quanto custará fazê-lo, custo/benefício em fazê-lo)



➤ 13- RESPONSABILIDADE/ DATA

- Os responsáveis pela tomada das ações definidas devem ser claramente identificados e uma data limite estabelecida.

➤ 14- RESULTADOS

- É a comprovação que as ações definidas foram implementadas em tempo.
 - ✓ Eficácia das ações: Deve-se analisar se as ações definidas e implementadas foram eficazes para reduzir o índice de risco (**NPR**) para um valor aceitável.
 - ✓ Re-cálculo do Risco: Deve-se registrar o índice de risco (**NPR**) após a comprovação da eficácia das ações, como registro do FMEA presente e como informação para ser usada em projetos similares.

➤ **5- SEVERIDADE**

- É a avaliação da gravidade do efeito da falha, caso ela ocorra.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.
- Índices de Severidade só podem ser reduzidos por modificação de projeto.

➤ **6- CLASSIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS**

- Como o FMEA de processo **DEVE-SE** considerar **TODAS** as características especiais ou significativas (do cliente ou internas) – relacionadas à segurança, críticas e importantes (relacionadas à funcionalidade e/ou falhas de aplicação), sendo que seu tipo ou simbologia deve ser identificado no campo correspondente do formulário.
- Controles especiais são requeridos para essas características.

➤ **7- CAUSA POTENCIAL DE FALHA**

- São as prováveis causas dos modos de falha e demonstram os pontos fracos do processo.
- Exemplos: Erro de montagem, acabamento inadequado, tamanho maior, torque insuficiente, lubrificação inadequada, etc.

➤ **8- OCORRÊNCIA**

- É a avaliação da probabilidade que a falha ocorra.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.

➤ **9- CONTROLES ATUAIS DE PROCESSO**

- Conjunto de controles existentes para assegurar o desempenho do processo.
- Exemplos: CEP, calibradores P/NP, auditorias de processo, monitoramentos / inspeções volantes ou de linha, liberação de Set-up, etc.

➤ **10- DETECÇÃO**

- É a avaliação da probabilidade de se detectar a falha durante o processo.
- Pontuada através de uma tabela padronizada, que o Time deve seguir.

➤ **11- RISCO**

- É o fator da multiplicação dos valores de **(S)**, **(O)** e **(D)**.
- Pode-se padronizar um **NPR** máximo, onde ações preventivas devem ser tomadas, mas deve-se analisar caso a caso.

12- AÇÕES RECOMENDADAS

- Os índices de risco (**NPR**) estabelecem as prioridades para os diversos **Modos de Falha**.
- Quanto maior o índice (**NPR**), mais importante é sua resolução através da tomada de ações preventivas, visando diminuir esse índice.
- Altos índices de Severidade também podem requerer ações para minimizar o (**NPR**).
- Dispositivos “à prova de erros” – POKA YOKE’s / FOOI PROOF’s e CEP devem ser considerados.
- Para o planejamento das ações a serem tomadas e a adequada e rigorosa monitoração de implantação é aconselhável que seja desenvolvido um formulário ou mecanismo baseado nos **5W-1(2)H** que seja uma memória técnica e de gestão (**5W-1(2)H**: **what** – o que fazer, **why** – por que fazer, **when** – quando e **where** – onde fazer, **who** – quem fará, **how** – como deverá ser feito e **how much** – quanto custará fazê-lo, custo/benefício em fazê-lo)

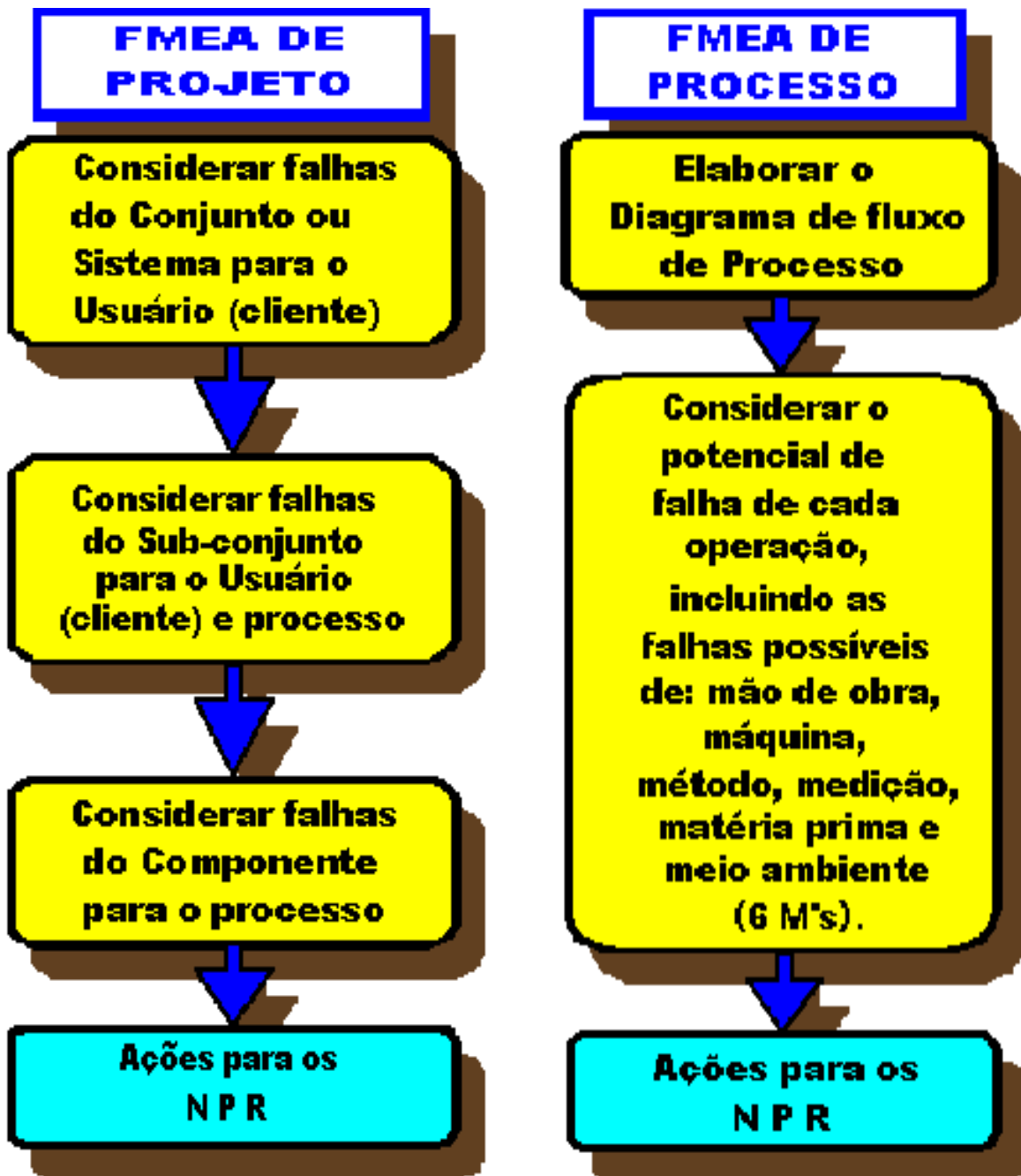
➤ 13- RESPONSABILIDADE/ DATA

- Os responsáveis pela tomada das ações definidas devem ser claramente identificados e uma data limite estabelecida.

➤ 14- RESULTADOS

- É a comprovação que as ações definidas foram implementadas em tempo.
 - ✓ Eficácia das ações: Deve-se analisar se as ações definidas e implementadas foram eficazes para reduzir o índice de risco (**NPR**) para um valor aceitável.
 - ✓ Re-cálculo do Risco: Deve-se registrar o índice de risco (**NPR**) após a comprovação da eficácia das ações, como registro do FMEA presente e como informação para ser usada em processos similares.

FMEA – FLUXOGRAMAS TÍPICOS



ANEXO III

Seqüência de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial

Requisitos de função	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	S E V E	C L A S	Causa potencial/Mecanismo da falha	O C O R	Controle atual do processo		D E T E	N P R	Ação Recomendada	Responsável e Prazo implantação	Resultado ações						
							Prevenção	Deteção					Ação implementada	S E V E	O C O R	D E T E	N P R		
Quais são as funções, características ou requisitos?	O que pode sair errado? - sem função - função degradada/parcial/acabada - função intermitente - função não intencional	Qual(is) é(são) o(s) efeito(s)?			O quanto é ruim? Como pode ser classificado?														
					Qual(is) é(são) a(s) causa(s)?			Com qual frequência isto ocorre?			O que pode ser feito? - alterações de projeto - controles especiais - alterações nas normas, procedimentos ou guias ...								
								Como isto pode ser prevenido e detectado?											
											O quanto o método para detectar isto é bom?								

Página 1