

ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# Análise dos Modos de Falha e Efeitos (AMFE)

MAIO  
2018

# ÍNDICE

---

SUMÁRIO.....	3
1. Introdução.....	4
2. Tipos.....	4
3. Histórico.....	5
4. Definições.....	5
5. Teoria.....	7
5.1 Índices de severidade, ocorrência e detecção.....	7
5.2 Formulário AMFE.....	10
6. Aplicação.....	14
6.1. Quando realizar uma AMFE.....	14
6.2. Quem participa.....	14
6.3. Procedimento para execução.....	15
6.4. Exemplo de Aplicação.....	16
6.5. Indústrias.....	16
7. Resultados.....	17
8. Benefícios da AMFE.....	18
9. Conclusão.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	21
.....	21

# SUMÁRIO

---

## **Participantes**

Ana Luisa Oliveira Capeleto

Julia Cardoso

Julia Dobrowolski

Rafaela Medeiros Dionízio

# 1. Introdução

A metodologia de Análise dos Modos de Falha e Efeitos (AMFE) ou Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA), do inglês Failure Mode and Effect Analysis, é uma ferramenta que busca avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha), implementando ações de melhoria.

Dessa forma, a AMFE visa aumentar a confiabilidade do produto, já que o seu uso permite diminuir as chances do produto ou do processo falhar. Dentro do contexto da competitividade atual do mercado, a confiabilidade tem se tornado muito importante para os consumidores, já que, se um produto falhar, mesmo com garantia e assistência técnica, a insatisfação do cliente é inevitável. Além disso, a AMFE é essencial para produtos que envolvem risco de vida do consumidor, como aviões e equipamentos hospitalares.

A princípio a AMFE foi desenvolvida para produtos e processos, mas atualmente sua aplicação é muito mais extensa. Além de diminuir as falhas de produtos e processos existentes, ela também é usada para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

## 2. Tipos

Existem dois tipos principais de Análise dos Modos de Falha e Efeitos, um relacionada à produtos e outra, à processos. As etapas e a maneira de realização da análise é a mesma, diferenciando-se somente quanto ao objetivo.

Na AMFE de produto são avaliadas as falhas que podem ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto, o objetivo é evitar as falhas no produto decorrentes do projeto. Por isso, muitas vezes é denominada AMFE de projeto.

Já na AMFE 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.

## 3. Histórico

Não há data específica para o surgimento da AMFE. Alguns relatos dizem que sua origem foi no dia 9 de novembro de 1949, como um padrão para as operações militares - Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (Military Procedure MIL-P-1629). Esta metodologia foi utilizada como uma técnica de avaliação da confiabilidade para determinar os efeitos nos sistemas e falhas em equipamentos. As falhas foram classificadas de acordo com seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal e equipamento ([www.fmeca.com](http://www.fmeca.com), 2000).

A utilização da AMFE se intensificou após 1988, depois que a Organização Internacional de Padronização (International Organization of Standardization) lançou a série ISO 9000, dando um impulso para as organizações desenvolverem um Sistema de Gestão de Qualidade. Dentro da indústria automotiva, criou-se a QS 9000, análogo a ISO 9000, que visa padronizar o sistema de qualidade fornecedor.

Dentro da QS 9000 os fornecedores de automóveis devem utilizar o Planejamento de Qualidade de Produto Avançado (Advanced Product Quality Planning – APQP), incluindo AMFEs de projeto e de processo, e desenvolver um Plano de Controle. Atualmente um novo padrão está sendo desenvolvido pela SAE (Society Automotive Engineering) junto com as empresas: General Motors Corporation, Ford Motor Company e a Chrysler Corporation.

## 4. Definições

A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), adota a sigla originária do inglês FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. Observa-se que a norma utiliza o termo pane para expressar falha. Ainda segundo a norma, o FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto. NBR 5462 (1994)

AMFE é uma técnica analítica utilizada por um engenheiro/time como uma maneira de garantir que, até a extensão possível, os modos potenciais de falha e suas causas/mecanismos

associados tenham sido considerados e localizados. Na sua forma mais rigorosa, o FMEA é um sumário do conhecimento do engenheiro/time (incluindo uma análise de itens que poderiam falhar baseado na experiência e em assuntos passados) de como um produto ou processo é desenvolvido. Esta abordagem sistemática confronta e formaliza a disciplina mental que um engenheiro passa em qualquer processo de planejamento de manufatura (Ford Motor Company, 1997).

Para se utilizar a AMFE é necessário um profundo conhecimento no modo de falha e efeitos. Dentro desse context, modo de falha pode ser entendido como “maneira na qual o defeito de apresenta”, sendo uma propriedade inerente a cada item, já que cada item tem suas características particulares como função, ambiente de trabalho, materiais, fabricação e qualidade.

Há duas abordagens para modo de falha, a funcional e a estrutural. A funcional não necessita de abordagens técnicas ou de engenharia, pode ser entendida como uma não função. Já a abordagem estrutural necessita de informações de engenharia, que muitas vezes, não são de fácil acesso. Nas duas abordagens, é muito importante que esteja bem definida a função de cada componente, pois é a referência para verificar quando o item está em falha ou não. Segue abaixo dois exemplos de modo de falha para um eixo:

Componente	Função	Modo de falha
Eixo	Transmitir movimento, torque	Não transmite movimento, não transmite torque

Tabela 1 – Modo de falha com abordagem funcional

Componente	Função	Modo de falha
Eixo	Transmitir movimento, torque	Ruptura, empenamento, desgaste

Tabela 2 – Modo de falha com abordagem estrutural

Os efeitos do modo de falha são as consequências, os efeitos produzidos quando estes acontecem. Em outras palavras, o efeito é a forma ou maneira de como o modo de falha se manifesta ou como é percebido em nível de sistema. O modo de falha ocorre internamente, em nível de componentes, subsistemas, gerando efeitos externos. Na identificação dos efeitos

deve-se investigar o que pode acontecer com o desenvolvimento deste modo de falha, o que isto causa no sistema, o que o cliente vê e quais os possíveis danos ao ambiente.

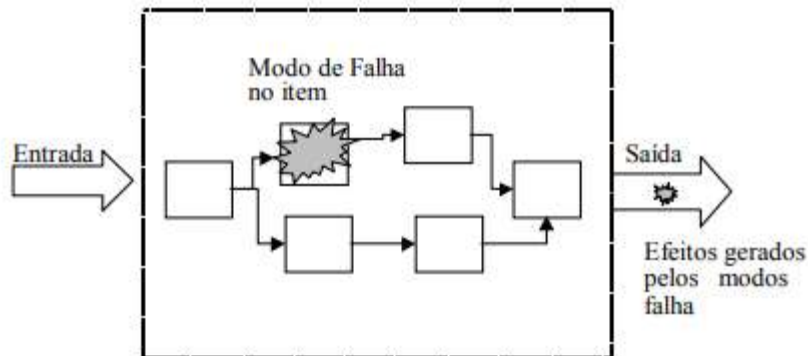


Figura1: Indicativo de que o Modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa.

As causas do modo de falha são os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer, podem estar nos componentes da vizinhança, fatores ambientais, erros humanos, ou no próprio componente.

Apesar das definições simples, nem todas as falhas se ajustam a tais descrições, podendo gerar discussões em torno de uma AMFE. Deve-se ter em mente que, um modo de falha é uma anomalia que ocorre em nível de componente e um efeito ocorre em nível de sistema. Esta anomalia deve ser caracterizada em termos de função ou especificações de projeto, processo ou uso.

## 5. Teoria

### 5.1 Índices de severidade, ocorrência e detecção

A AMFE também pode ser descrita como FMECA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*) que traduzida significa Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade. Os autores KUME [1996], PALADY (1997), STAMATIS (1995), VILLACOURT (1992) discutem a AMFE como FMECA e as diferencia da seguinte maneira:

$FMECA = FMEA + C$ , onde,  $C = \text{Criticalidade} = (\text{Ocorrência}) \times (\text{Severidade})$ .

Dessa maneira, são definidos os índices baseados na causa e na falha dos componentes.

O índice de ocorrência é aquele que determina a probabilidade da falha acontecer (modo da falha). À frequências baixas de acontecimento de falhas atribui-se o escore 1, às altas recebem valor 10.

Já a severidade avalia os efeitos da ocorrência da falha e quais são os seus impactos e gravidade (efeitos do modo de falha). As falhas graves (que influenciadas negativamente no processo) têm a maior pontuação, de modo contrário, as que não afetam drasticamente o processo, recebem nota menor.

O índice de detecção das falhas, Figura (2), pode ser relacionado às causas e aos modos da falha:

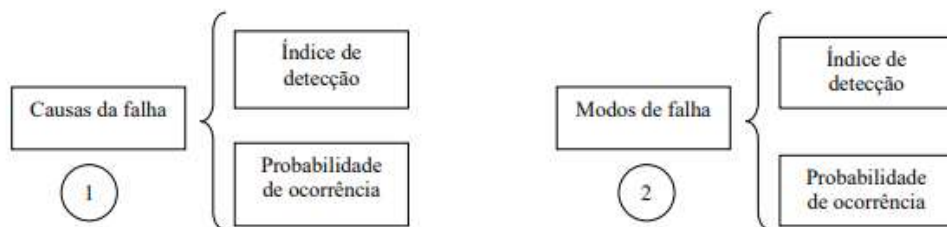


Figura 2: Índices baseados nas causas e nos modos de falha.

O NPR é o Número de Prioridade de Risco que pode ser atribuído ao modo de falha ou à cada uma das causas do modo de falha. Sendo assim, ele é calculado:

$$\text{NPR} = \text{Ocorrência} \times \text{Severidade} \times \text{Detecção}$$

A detecção é o valor que mostra quão eficiente é o controle de detecção das falhas, ou seja, a capacidade de identificar a falha antes que produto chegue ao cliente. Quanto maior esse número, mais difícil é a percepção da falha.

Os índices de severidade (gravidade), ocorrência e detecção são descritos pelas tabelas a seguir:



Probabilidade de ocorrência	de Chances de ocorrência	Escore
<b>Remota</b>	0	1
<b>Baixa</b>	1/20000	2
	1/10000	3
<b>Moderada</b>	1/2000	4
	1/1000	5
	1/200	6
<b>Alta</b>	1/100	7
	1/20	8
<b>Muito alta</b>	1/10	9
	½	10

Tabela 3: Probabilidade de ocorrência (BEM-DAYA e RAOUF, 1996)

Severidade	Escore
<b>O cliente provavelmente não tomará conhecimento</b>	1
<b>Leve aborrecimento</b>	2-3
<b>Insatisfação do cliente</b>	4-6
<b>Alto grau de insatisfação</b>	7-8
<b>Atinge as normas de segurança</b>	9-10

Tabela 4: Severidade dos efeitos (BEM - DAYA e RAOUF, 1996)

Probabilidade de não detectar a falha	Probabilidade (%) de um defeito individual alcançar um cliente	Escore
<b>Remota</b>	0-5	1
<b>Baixa</b>	6-15	2
	16-25	3
<b>Moderada</b>	26-35	4
	36-45	5
	46-55	6
<b>Alta</b>	56-65	7

	66-75	8
<b>Muito alta</b>	76-85	9
	86-100	10

Tabela 5: Índice de detecção de falhas (BEM - DAYA e RAOUF, 1996)

## 5.2 Formulário AMFE

A base para a análise modal de falhas e efeitos é o preenchimento do formulário que deve seguir algumas etapas de aplicação.

### 5.2.1 Planejamento

Essa etapa deve ser realizada pelo responsável da aplicação da metodologia. Nela inclui:

- Identificação de qual(is) produto(s) ou processo(s) será(ão) analisado(s);
- Definição dos integrantes do grupo que deve ser pequeno e com pessoas de áreas diferentes;
- Planejamento das reuniões (elas devem ser agendadas anteriormente) e datas
- Preparação da documentação necessária

### 5.2.2 Análise de falhas em potencial

Nessa fase, estão envolvidas as pessoas do grupo decidido anteriormente que vão preencher o formulário. Elas deverão:

- Definir as funções ou características de cada produto ou processo. Qual é a intenção, a meta e o objetivo do componente. (coluna 1 na Figura 4).
- Definir quais são os tipos de falhas para cada função. Qual é a oportunidade de melhoria ou o problema em questão. Deve ser considerada a perda de função daquele componente no sistema. Pode existir mais de uma falha no produto ou processo. (coluna 2 na Figura 4).
- Definir os efeitos dos tipos de falha. Quais são as consequências geradas pela falha. Elas podem estar no processo, no produto, no cliente ou até nas normas governamentais. Os efeitos devem ser registrados pra cada tipo de falha. (coluna 3 na Figura 4).

- Definir as causas possíveis das falhas. Quais são as causas geradoras do problema (elas podem estar no componente, nos componentes vizinhos ou no ambiente). (coluna 4 na Figura 4).
- Definir os controles atuais, ou seja, fazer um procedimento de teste ou revisão do projeto. Pode ser um *brainstorming*, testes de laboratório ou medidas preventivas que já são utilizadas. São necessários para determinar e identificar as falhas antes que as mesmas atinjam o cliente. (coluna 5 na Figura 4).

### 5.2.3 Avaliação dos riscos

Para a realização da avaliação dos riscos, o grupo deve estabelecer os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha de acordo com os critérios pré-definidos (índices indicados nas tabelas 2.1, 2.2 e 2.3). Em seguida, o valor NPR (Número da Prioridade de Risco) é calculado para definir a prioridade da falha e classificar as demais falhas do processo.

- Severidade (S): índice que mostra o quão sério é o efeito de cada modo de falha. Ela é sempre aplicada ao efeito do modo de falha. Quanto mais grave é o efeito, maior é o índice S. (Coluna 6 na Figura 4) (Ver a classificação do índice na Tabela 2).
- Ocorrência (O): índice que indica a probabilidade de acontecer as possíveis falhas. Ela é sempre aplicada à causa ou ao modo de falha. (Coluna 7 da Figura 4) (Ver a classificação do índice na Tabela 1).
- Detecção (D): índice que mostra a probabilidade do sistema de detectar a falha antes que ela atinja os clientes. Ela está completamente relacionada aos controles atuais. (Coluna 8 da Figura 4) (Ver a classificação do índice a Tabela 3).

### 5.2.4 Melhoria

Nessa etapa, as pessoas devem listar várias maneiras a fim de diminuir os riscos de determinada falha. É recomendado que se realize um *brainstorming* com o grupo. Em seguida, essas medidas serão analisadas de acordo com a viabilidade de implantação. Todas elas devem ser registradas no formulário juntamente com o seu prazo e responsável. Para diminuir as falhas, as providências podem ser de:

- Prevenção total ao tipo de falha;
- Prevenção total a uma causa de falha;
- Dificultar a ocorrência de falhas;

- Limitar o efeito do tipo de falha;
- Aumentar a probabilidade de detecção do tipo ou da causa da falha.

### 5.2.5 Continuidade

O formulário AMFE é um documento que deve ser revisado a qualquer alteração no produto ou no processo. Devem ser comparadas as falhas registradas pelo grupo com aquelas que ocorrem no dia a dia do processo ou no uso no produto, para que novas falhas, antes não previstas, sejam inseridas.

Análise do Tipo e Efeito de Falha														
Cod. psc.:	Nome da Pscp.:	Data:	Folha No. _____ de _____	<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto										
Descrição do Produto/ Processo	Função(s) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices			Ações Recomendadas	Responsável (Pscp.)	Ações de Melhoria			
						S	O	D			R	S	O	D
						S	O	D	R		S	O	D	R

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

**Figura 3: Formulário AMFE (TOLEDO e AMARAL).**

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 d e Melhoria							
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Medidas Implantadas	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 (consequências) do tipo de falha, sobre o sistema e sobre o cliente. Ex.: vazamento de ar, ruído, desgaste prematuro, etc...	Causas e condições que podem ser responsáveis pelo tipo de falha em potencial. Ex.: Erro de montagem, falha de lubrificação, etc...	Medidas Preventivas e de detecção que já tenham sido tomadas e/ou são regularmente utilizadas nos produtos/processos das 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					

**FLUXOGRAMA**

Quem está sendo analisado ?

Quais funções ou características devem ser atendidas ?

Como a função ou característica pode não ser cumprida ?

Que efeitos tem este tipo de falha ?

Quais poderiam ser as causas ?

Quais medidas de prevenção e descoberta poderiam ser tomadas ?

Quais os riscos prioritários ?

Quais medidas podem ser tomadas para atenuar os riscos ?

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

Figura 4: Definição dos termos de preenchimento do formulário AMFE (TOLEDO e AMARAL).

# 6. Aplicação

## 6.1. Quando realizar uma AMFE

A utilização da AMFE é geral, porém é mais aplicável em indústrias de processo, principalmente quando o sistema em estudo possui instrumentos de controle. Nesse contexto aplicação do AMFE ocorre em diversas fases do ciclo de vida associado a um produto ou processo, como as descritas abaixo:

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

A AMFE é uma importante ferramenta na identificação das falhas e na sua correção, dessa forma, quando se quer aumentar a confiabilidade dos clientes e dos processos aplicar o AMFE é uma ótima solução.

## 6.2. Quem participa

A equipe que executa a AMFE deve ser multidisciplinar e as ideias e criatividade são imprescindíveis para o sucesso na sua aplicação, cada membro da equipe deve contribuir com diferentes experiências e conhecimentos. Não há uma regra para definir o tamanho da equipe de trabalho. PALADY (1997) sugere um número de cinco a sete participantes, já STAMATIS (1995) diz que o número deve variar de cinco a nove pessoas, mas cinco é um bom número. Geralmente os engenheiros de projeto e processo estão presentes nas equipes.

### 6.3. Procedimento para execução

A primeira etapa de concepção da AMFE é a definição do processo que será analisado, em seguida é definida a equipe que participará, priorizando os aspectos multidisciplinares. Deve-se ter o fluxograma do processo analisado e um formulário AMFE (figura XX).

Descrição do Processo	Modo Potencial da Falha	Efeito(s) Potencial(ais) da Falha	G	Causa(s) Potencial(ais) da Falha	O	Controles Atuais	D	NPR

Tabela 6: Exemplo de formulário utilizado na construção de uma AMFE.

Assim, define-se a não conformidade (modo de falha), ou seja, o não atendimento de um requisito pré-estabelecido e também é identificado os efeitos dessa não conformidade. Após essas etapas o próximo passo é detectar a causa principal e outras causas que geram o modo de falha e em seguida é priorizado os itens através do nível de risco. Por fim é formulado possíveis ações de compensação e reparos que podem ser adotadas para eliminar ou controlar cada falha específica e seus efeitos. A prioridade atribuída a cada um dos itens levantados é feita através de pesos, onde:

- Ocorrência da causa (O): é a probabilidade da causa existir e provocar uma falha;
- Gravidade do efeito (G): aplica-se ao efeito e é probabilidade em que o cliente identifica e é prejudicado pela falha;
- Detecção da falha (D): é a probabilidade da falha ser detectada antes do produto chegar ao cliente

Normalmente é utilizada a escala de 1 a 10 para hierarquizar os itens analisados pelo AMFE como descrito anteriormente.

Após identificados todos os modos de falha, calcula-se o número de prioridade de risco (NPR) respectivo, multiplicando os três fatores considerados até aqui ( $NPR = G \times O \times D$ ). Quanto maior o NPR, maior a urgência de adotar ações corretivas, assim dá-se prioridade aos modos de falhas com valores elevados de NPR. A equipe AMFE procura, então, reduzir um ou mais dos fatores (G, O ou D) através de medidas adequadas.

#### 6.4. Exemplo de Aplicação

Para exemplificar e entender melhor a formulação de uma AMFE será apresentado um exemplo realizado em um restaurante com o objetivo de prevenir a ocorrência de falhas significativas no processo de preparação de um prato. Foi identificado no processo de preparo três potenciais modos de falha e os respectivos efeitos e causas.

Descrição do Processo	Modo Potencial da Falha	Efeito(s) Potencial(ais) da Falha	G	Causa(s) Potencial(ais) da Falha	O	Controles Atuais	D	NPR
Preparação do prato	Cabelo no Prato	Prato devolvido	10	Não utilização de touca	2	Inspeção visual	4	80
Preparação do chispe	Chispe mal raspado	Aspecto desagradável	6	Esquecimento	4	Inspeção visual	1	24
Processo de temperagem	Quantidade de sal	Reclamação do cliente	5	Utilização de diferentes tipos de sal	4	Prova	5	100

Tabela 7: Formulário AMFE preenchido.

Após o cálculo dos Números Prioritários de Risco (NPR) associados aos potenciais modos de falha, eles foram priorizados. Verificou-se a existência de um modo de falha claramente mais crítico que os restantes, e a existência de um valor excepcionalmente baixo devido a possuírem um método de detecção eficaz. A aplicação da metodologia AMFE mostrou-se eficaz, pois permitiu que melhorias sugeridas fossem aplicadas na prática pela organização, contribuindo assim para o sucesso do preparo de pratos no restaurante.

#### 6.5. Indústrias

A AMFE é muito utilizada na indústria de automóvel, indústria aeroespacial, nuclear e bioquímica. A aplicação da AMFE vai desde avaliações de projetos até o relacionamento com clientes. Segue abaixo alguns exemplos da aplicabilidade da AMFE:

- Análise de projetos e processos a fim de prever e solucionar falhas potenciais antes que se tornem um problema, reduzindo assim os custos;
- Estruturação de etapas de manutenção mais eficazes;



- Diminuição dos erros médicos em laboratório;
- Estudo da fiabilidade de turbinas eólicas;
- Abrange tanto a política de gestão quanto o aumento da fiabilidade;
- Análise da confiabilidade de sistemas e processos;
- Ferramenta que possibilita a entrada em outros sistemas de análises;
- Atender as demandas do público-alvo;
- Cumprimento das normas de segurança e qualidade em sistemas como: ISSO 9001, QS 9000; ISSO/TS 16949, 6 Sigma, FDA e GMP.

## 7. Resultados

De acordo com a AMFE para cada modo de falha deve-se identificar os respectivos efeitos. Após fazer todo o processo de classificação dos possíveis riscos e medidas a serem tomadas, é fundamental que seja definida uma próxima data para revisão. Os resultados proporcionados pela AMFE são de alta confiabilidade quando as análises corretas são feitas. Por isso, é de extrema importância que a equipe esteja bem preparada e seja feita uma investigação bem detalhada dos processos e dos projetos, para que as medidas corretas sejam tomadas, obtendo assim melhores resultados. Para trabalhar com os dados disponibilizados pela AMFE, é necessário fazer uma classificação das falhas e seus respectivos níveis de gravidade. Abaixo segue um exemplo:

Classificação	Tipo	Observação
I	Desprezível	A falha não irá resultar numa degradação do sistema, nem irá produzir danos funcionais ou contribuir com o risco ao sistema.
II	Marginal (ou limítrofe)	A falha irá degradar o sistema numa certa extensão, porém, sem envolver danos maiores, podendo ser compensada ou controlada adequadamente.
III	Critica	A falha irá degradar o sistema causando danos substanciais, ou irá resultar num risco inaceitável, necessitando ações corretivas imediatas.
IV	Catastrófica	A falha irá produzir severa degradação do sistema, resultando em sua perda total.

Tabela 8 : Categorias ou riscos para avaliar a gravidade da falha.

Fonte: (DE CICCO e FANTAZZINI, 1988).

Em um exemplo encontrado em uma dissertação relata-se o processo de aplicação da AMFE em um secador industrial. Com essa ferramenta foi possível tabelar o número de riscos, fazer análises de gráficos sobre a porcentagem de incidência segundo o grau de risco e a análise sobre os efeitos de falha, relacionados tanto as áreas de saúde e segurança, quanto meio-ambiente, custo de não produção e custo de reparação. Através dos resultados obtidos pela AMFE, é possível definir-se uma estrutura hierárquica de etapas para resolução desses problemas. Para isso é utilizada outra ferramenta que não será discutida nesse trabalho, mas que também é essencial para tomada de decisões. Deve-se destacar que essa estrutura é mutável e depende do analista e das particularidades do processo ou projeto. Segue abaixo um exemplo de uma estrutura hierárquica de tomada de soluções:



Figura 5: Estrutura hierárquica de decisão

Fonte: (PEDROSA, 2014)

## 8. Benefícios da AMFE

O grande benefício da AMFE se encontra na sua capacidade de definir configurações seguras para projetos e identificar potenciais falhas, sejam elas de componentes ou suprimentos. Essa ferramenta possibilita a tomada de ações de melhoria com antecedência, permitindo um planejamento de manutenção, conduzindo assim a menores chances de ocorrerem falhas e diminuindo o risco do projeto.

A AMFE apresenta benefícios relacionados a capacidade de detecção de problemas existentes nos produtos e nos processos, além de apresentar facilidade, precisão, segurança e economia. Quando utilizada na fase inicial de um projeto ou processo, as precauções podem ser tomadas com maior facilidade e menor custo. A AMFE é também uma ferramenta que auxilia os usuários a elencar por grau de importância as melhorias necessárias, investimento, desenvolvimento e testes. Dentre seus benefícios destaca-se:

- Redução de custos;
- Maior confiabilidade, qualidade, segurança dos produtos e processos;
- Otimização do tempo, já que identifica e elimina potenciais falhas no início;
- Promove a satisfação do cliente;
- Menores custos em reformas;
- Planejamento de manutenção;
- Redução dos gastos extras desnecessários;
- Planejamento de controle;
- Proporciona um arquivo de informações a respeito de melhorias e de ações;

Apesar dos aspectos positivos da AMFE , assim como toda técnica, ela apresenta algumas limitações:

- O processo de documentação é lento e cansativo;
- Apresenta custos de aplicação;
- Não é adequado para identificar falhas complexas;
- Exige um conhecimento aprofundado do assunto;
- Depende da experiência dos usuários;
- O cálculo do Número Prioritário de Risco (NPR) apresenta incertezas;
- Riscos ocultos podem passar despercebidos;
- O NPR abrange apenas três fatores, desprezando , por exemplo, o fator econômico.

## **9. Conclusão**

Podemos concluir que a AMFE é uma ferramenta versátil e moldável, que pode ser adaptada a diferentes áreas de aplicação. Mas que como falado anteriormente, necessita de um preparo técnico e de conhecimento do projeto/processo para ser aplicada. Abaixo estão resumidas

algumas etapas para o desenvolvimento da AMFE e também da FMECA, a partir da análise desses autores:

Etapas	TENG e HO (1996)	KUME [1996]	VILLACOURT (1992)	STAMATIS (1995)
1	Coleta de informações do componente e função do processo	Modos de Falha	Revisar as especificações e documentos de requerimentos do sistema	Selecionar a equipe e <i>Brainstorming</i>
2	Modos de falha	Efeitos	Coletar as informações	Diagrama Funcional de Blocos e ou Fluxograma do processo
3	Efeitos	Causas e Mecanismos das falhas	Diagrama Funcional de Blocos	Organizar os problemas por prioridade
4	Causas	Ocorrência	Modos de falha	Modos de falha
5	Controles atuais	Severidade	Efeitos	Efeitos
6	NPR (Número de prioridade de risco)	Deteção	Causas	Controles existentes
7	Ações Corretivas	NPR (Número de prioridade de risco)	Controles atuais, deteção das falhas.	Severidade, ocorrência, deteção.
8		Ações Corretivas, Melhorias recomendadas.	NPR (Número de prioridade de risco)	NPR (Número de prioridade de risco)
9		Distribuição de tarefas e prazo	Preparação dos formulários	Confirmar, Avaliar e mensurar a situação.
10		Reavaliar o NPR.	Revisão (Priorizar problemas)	Refazer todos os passos acima novamente
11			Ações corretivas	

Tabela 9: Procedimentos para desenvolvimento da AMFE/FMECA.

Fonte: SAKURADA(2001)

Teoricamente, a AMFE é uma ferramenta de aplicação contínua, que pode passar por constantes alterações e otimizações durante seu uso. Por fim, cabe destacar que a AMFE possui um papel importante nas etapas de otimização dos processos e projetos onde é aplicada e promove melhorias, como visto nesse trabalho.

# BIBLIOGRAFIA

---

LOURENÇO, Joana Gonçalves. **Aplicação do Método de Análise de Riscos AMFE às Fases de Recepção, Armazenamento, Pré-limpeza, Preparação da Semente e Extracção na Ibero**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090415157/MEQ - Joana Lourenco - Dissertacao - 70250.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

PEDROSA, Bruno Miguel Martins. **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4151/1/Dissertação.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtor**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Cap. 5.

TOLEDO, José Carlos, Daniel Capaldo Amaral. **FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha**. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>> Acesso em: 29/3/2018.

QUALITY - ONE. **Análise modal de falhas e efeitos**. Disponível em: <[http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo\\_integral/acesso\\_conteudo\\_integral/capitulo2\\_texto/capitulo2\\_3\\_texto/acc2\\_3\\_texto\\_apresentacao.htm](http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo_integral/acesso_conteudo_integral/capitulo2_texto/capitulo2_3_texto/acc2_3_texto_apresentacao.htm)>. Acesso em: 29 mar. 2018.

RODRIGUES, Marcelo. **FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**. Disponível em: < <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018