



# FMEA - Princípios e Aplicações

Implementando controles

AULA | 03

Coordenação



Realização



Apoio



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Rede SIBRATEC de Serviços Tecnológicos  
para Produtos de Manufatura Mecânica

## Sumário

Apresentação.....	3
1 - Interpretação do FMEA.....	4
2 - Ferramentas de apoio ao FMEA.....	9

## Apresentação

Bem-vindo à terceira aula do curso sobre FMEA – Princípios e Aplicações!

Na aula anterior, vimos a aplicação prática do FMEA, desde o planejamento até sua implantação de fato. Agora, vamos interpretar seus dados e analisar os tratamentos aos modos de falha, usando esta ferramenta como melhoria aos nossos processos. Finalizando com a apresentação de algumas ferramentas de apoio à implantação do FMEA.

Prontos para começar?

## 1 - Interpretação do FMEA

E agora?

Você deve estar se perguntando:

Estou com uma planilha bem interessante, com muitos dados, oriundos de horas e horas de análises e dedicação de uma equipe altamente qualificada.

Certo!

Mas é só isso?

Por onde começo? O que faço com tanta informação? Não posso priorizar?

Bom, é isso que vamos estudar, a partir de agora: a interpretação do FMEA!

Como nas aulas anteriores vamos citar Palady e ele apresenta duas formas de interpretar: a Tradicional e a Proativa.

Na chamada Tradicional, a interpretação do FMEA inclui:



- *definir prioridades usando aquele Número de Prioridade de Risco, o NPR (comentamos na aula passada)*
- *abordar os modos de falha conforme uma sequência estratégica*

Bom, para começar, vamos entender um pouco mais do que se trata o NPR, como ele é calculado, para que serve, e quais cuidados tomar em relação a este índice!

Vejamos!

O Número de Prioridade de Risco relaciona, para um mesmo modo de falha, os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção. Ou seja, pode servir para comparar modos de falha que não tenham relação direta entre si de uma forma quantitativa.

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

Lembrando que:

- **Severidade:** quanto pior (maior impacto), maior o índice (10, por exemplo)
- **Ocorrência:** quanto mais provável de ocorrer, maior o índice (10 por exemplo)
- **Detecção:** quando mais difícil detectar a falha, maior o índice (10 por exemplo)

Por exemplo, digamos que temos 3 modos de falha distintos e não relacionados entre si, mas que fazem parte de um mesmo estudo FMEA de uma organização. Com as seguintes conclusões:

Caso 1: Atraso na entrega

- Severidade: 10
- Ocorrência: 2
- Detecção: 4

Caso 2: Falha do componente X

- Severidade: 5
- Ocorrência: 6
- Detecção: 3

Caso 3: Falta de luz na linha de montagem

- Severidade: 1
- Ocorrência: 8
- Detecção: 10

Agora vamos aos NPR de cada caso:

Caso 1:  $10 \times 2 \times 4 = 80$

Caso 2:  $5 \times 6 \times 3 = 90$

Caso 3:  $1 \times 8 \times 10 = 80$

Certo. Agora temos uma classificação para comparar os três modos de falha.

Isso é bom! Sem dúvidas.

Mas cuidado, armadilhas podem existir neste momento.

Os três têm praticamente o mesmo índice. Se tivéssemos que priorizar, ou seja, colocar em ordem de impacto, qual seria esta sequência?

2-1-3?

2-3-1?

1-2-3?

Cada pessoa irá analisar segundo uma ótica. E isto não está errado!

Qual o ponto de vista para priorizar as ações?

- ✓ O dos clientes?
- ✓ O econômico?
- ✓ O da produção?

O setor comercial, posto estes NPRs certamente diria: atrasos são muito piores que qualquer coisa! Impactam as vendas!!!

Já o financeiro: perdas de material, devido a falhas de componentes impactam os custos demais!

Pelo lado da produção: sem luz, não se produz nada!

E todos estão corretos, não é?

Esta análise não pode ser apenas quantitativa. Os desdobramentos precisam de análises mais aprofundadas, ou seja, o NPR não é o fim do FMEA, tampouco o FMEA é o fim da melhoria. Na verdade, é o começo.

Palady apresenta-nos uma outra abordagem, a qual chama de Proativa.

Vamos entender esta abordagem a partir do exemplo que ele descreve:

Modo de falha	Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR
A	4	5	10	200
B	4	8	2	64
C	9	2	1	18

Segundo a abordagem do NPR, o modo de falha que primeiro receberia atenção seria o A, sendo seguido por B e C.

Certo!

Mas, analisando um a um dos índices, o grande valor de NPR do modo de falha A está ligado à baixa probabilidade de deteção (valor alto), tendo este modo de falha uma severidade baixa e uma ocorrência moderada.

Já o modo de falha B, apesar de um NPR mais baixo, cerca de 1/3 do A, possui uma ocorrência alta, e o modo de falha C, com um NPR ainda mais baixo, possui uma severidade muito alta!

Atuar na deteção não é ser proativo, mas, sim, REATIVO. Certo?

Porque, quando vemos o problema, ou seja, detectamos ele, o mesmo já ocorreu...

A ideia central do FMEA é **reduzir as falhas**, não **apenas detectar uma falha mais cedo**.

Então, em uma visão mais PROATIVA do processo, a redução das falhas passa pela redução na sua OCORRÊNCIA e na sua SEVERIDADE (no impacto, caso ocorra).

*“Antes de a organização alocar recursos para melhorar a **deteção**, todas as oportunidades de **redução de ocorrência** e **minimização dos efeitos** dos modos de falha devem ser consideradas (Palady)”*

Assim, a sequência estratégica para abordar os modos de falha não precisar ser, obrigatoriamente, por meio do NPR. Deve ser mais estratégico!

Vamos, então, estudar um pouco sobre as **Estratégias** que podem ser tomadas para o Tratamento dos Modos de Falha.

Uma das estratégias mais comuns é:



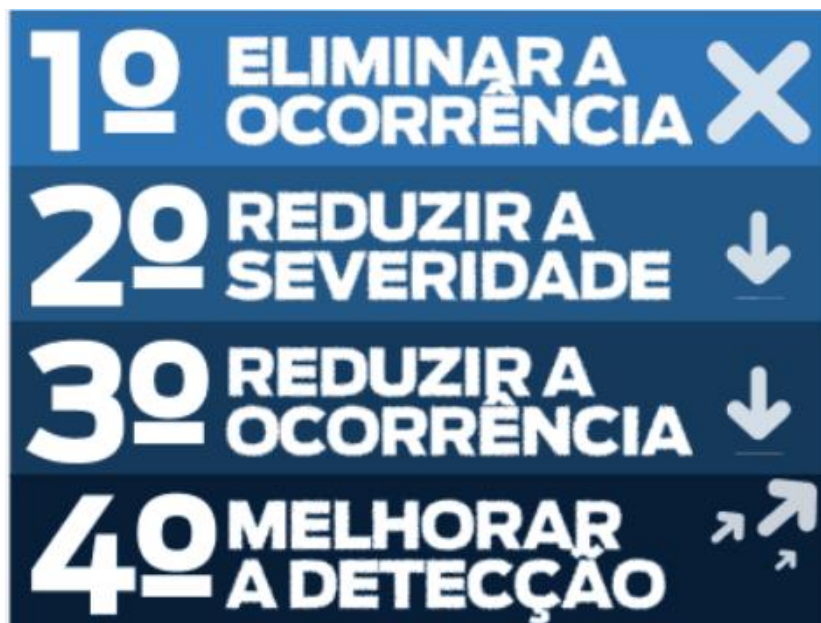
Claro que, as duas primeiras, Severidade e Ocorrência, podem ser equipotentes, dependendo de cada caso.

No entanto, pela abordagem Proativa, a Melhoria na Detecção sempre deverá ser considerada a última das três opções de sequenciamento.

Ao se reduzir a ocorrência (ou até eliminar) a severidade poderá ser anulada, ou muito reduzida (devido ao fato do modo de falha quase não ocorrer mais...).

Ao passo que reduzir a severidade não impactará, necessariamente, na ocorrência.

Por esta ótica, uma boa estratégia seria então:



Você deve estar se perguntando: mas devemos atuar DUAS VEZES na Ocorrência??!

Não!

Veja, a estratégia seria ELIMINAR a Ocorrência. Mas isso nem sempre é possível. E se não for, então significa que ocorrerá o modo de falha, mesmo que se invista nisso. Logo, já que irá ocorrer, então que tenha primeiro uma baixa Severidade! Certo?

E então, atua-se na sua máxima redução e, a seguir, na melhoria da Detecção.

Sobre a Detecção, pode-se fazer uma observação importante: em que momento é detectado o modo de falha?

Pode ser “**Antes** que chegue até o cliente”, ou “**Por meio do cliente**”.

Então, uma nova linha na sequência acima poderia ser incrementada:

## **5º Fornecer um meio de Detecção para o cliente**

Sempre lembrando que as três primeiras iniciativas são intercambiáveis entre si, e que a 4ª e a 5ª, por serem reativas, deveriam estar sempre por último!

## **2 - Ferramentas de apoio ao FMEA**

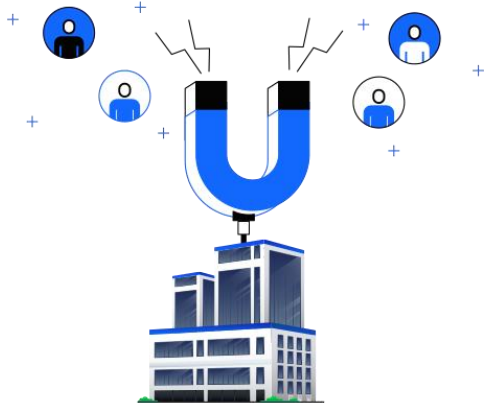
A gestão da qualidade apresenta inúmeras ferramentas, dentre as quais citaremos algumas que podem ser usadas para o planejamento do FMEA, apoiando sua construção e análise.

Importante salientar que apresentaremos as ferramentas, relacionando seu uso ao FMEA, mas não entraremos em detalhes sobre cada uma. Caso deseje maiores informações sobre elas, existem diversas fontes nas quais você pode buscar.

Combinado?

Vamos a elas então!

### 2.1 Desdobramento da Função Qualidade



Utilizada para identificar o que os clientes estão buscando.

Mas o que isso tem relação com o FMEA?

Uma das primeiras perguntas que se faz no início do planejamento do FMEA é: Quais as funções que este processo/produto/serviço/projeto devem desempenhar para atender às demandas dos CLIENTES?

Aqui, o ponto de partida é ter o foco do cliente!

Logo, esta ferramenta é um excelente ponto de partida para o FMEA!

### 2.2 Benchmarking



E como a concorrência está atendendo aos mesmos clientes que a nossa organização?

Como eles vêm a eficiência e a eficácia dos concorrentes?

Nossa organização está com alguma defasagem em relação aos concorrentes? Prazo, qualidade, atendimento, custos.

Uma análise de contexto externo é importante para ajudar no foco das questões cruciais que precisaremos analisar quanto a seus modos de falha!

### 2.3 Matriz de Responsabilidades



Quais são as tarefas esperadas de cada membro da equipe do FMEA?

Os prazos estabelecidos nas ações decorrentes do FMEA são possíveis com esta composição de recursos humanos atual?

Há competência global para estas ações dentro da organização?

Atenção especial aos recursos humanos SEMPRE tem que ser dada, sobretudo em projetos que visam prever falhas e atuar na sua prevenção/eliminação.

## 2.4 Gráfico de Pareto

O princípio de Pareto (também conhecido como regra do 80/20), afirma que, para muitos eventos, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas.



Este princípio, já citado na aula 2, compreende uma ferramenta analítica muito importante para a identificação das causas básicas referentes aos modos de falha, por meio de dados estatísticos da experiência na organização.

Para tanto, claro, precisamos de dados!

Logo, pode ser que precisemos ou interromper por um tempo o levantamento dos dados durante a implantação

do FMEA (após a identificação das funções a serem analisadas), ou iniciarmos com dados pré-existentes.

Não configura equívoco a primeira hipótese. De maneira alguma. Melhor pararmos a fim de levantar dados reais e seguros, do que ficarmos apenas no campo da imaginação, não é mesmo?

O Gráfico de Pareto não é uma ferramenta de complexa implantação. De fato, é até simples.

Muitas vezes os dados já estão tabulados em algum lugar, é só agrupá-los.

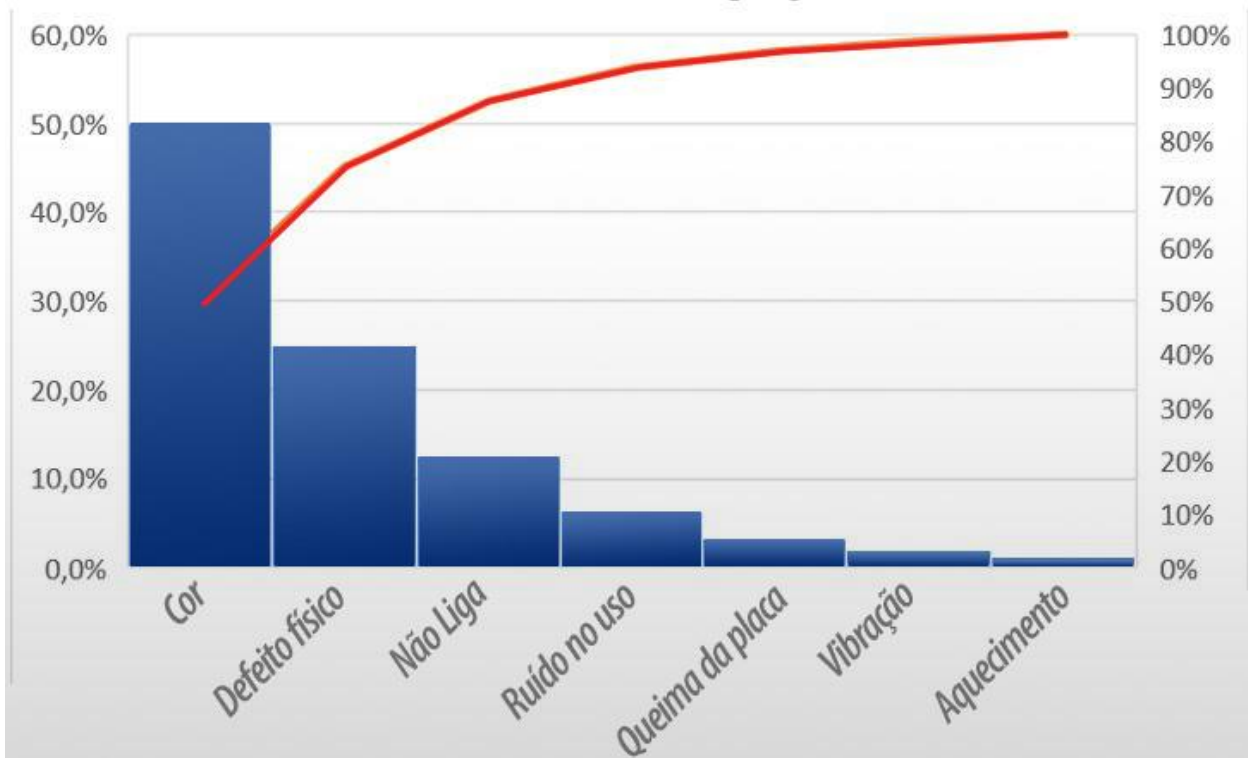
No caso de não termos os dados previamente tabulados, é só ir atrás!

Resumidamente, precisamos ver a função que estamos analisando e levantar os dados que originaram os modos de falha, ou seja, as causas, verificando sua frequência (que reflete o índice Ocorrência do FMEA).

Então, teremos um dado de ocorrência não mais preditivo, mas analítico e fortemente respaldado por informações reais.

Por exemplo, digamos que a função analisada é “Retorno de peças vendidas”. Na análise das causas versus frequência temos a seguinte resposta:

## Motivos do retorno de peças vendidas



Com isso, os analistas poderão verificar melhor os planos de ação para sanar ou mitigar as causas básicas do modo de falha identificado.

Mais uma vez, atenta-se para o fato de que não deve ser utilizado como um dado obrigatório, ou seja, no nosso exemplo: precisamos melhorar a questão da pintura do equipamento vendido!

Não é isso.

Agora, os responsáveis podem ver o custo necessário para os tipos de causas, e decidirem melhor na questão do índice de Severidade, pois pode ser muito mais econômico repintar equipamentos, do que atuar na eliminação das falhas de pinturas; ao passo que pode ser muito mais impactante para o cliente (ou seja, ter maior Severidade) o fato de que a placa queime durante a operação do equipamento nas instalações do cliente.

Novamente, deve-se manter atenção especial ao conjunto das informações!

### 2.5 Diagrama de Ishikawa

Ferramenta muito utilizada para a organização das ideias oriunda do *brainstorming* realizado para identificar as causas dos modos de falha.

Conhecido como Diagrama de Causa e Efeito (também por “Espinha de Peixe”), assessora na organização visual das ideias que a equipe apresentou após a sessão de discussões a cerca de um modo de falha.

Desenvolvido pelo engenheiro químico **Kaoru Ishikawa** em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes, o diagrama foi desenvolvido com o objetivo de representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas”.

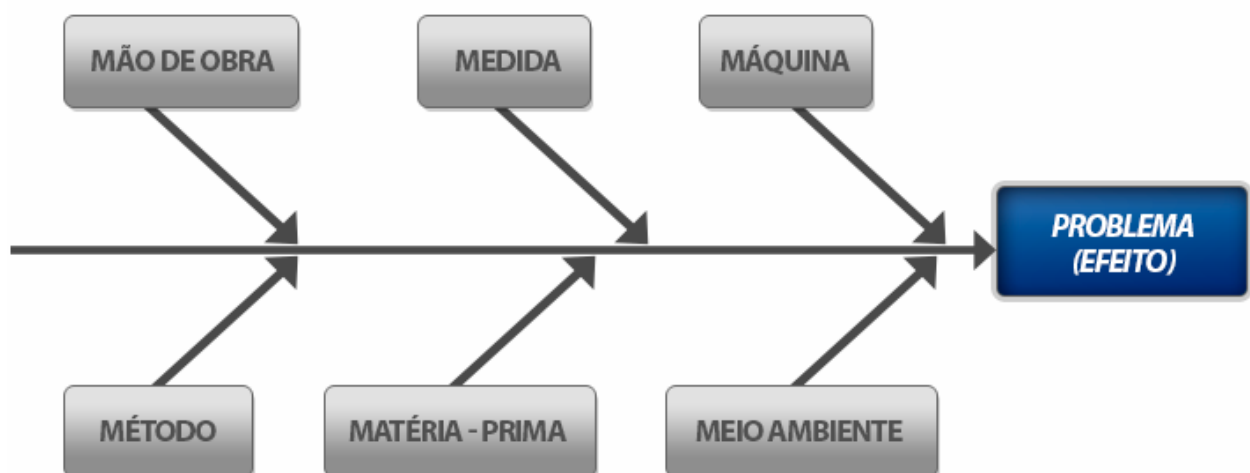
Na sua concepção básica, as prováveis causas dos problemas (efeitos) podem ser classificadas como sendo de **seis tipos diferentes** quando aplicada a metodologia 6M:

- **Método:** toda a causa envolvendo o método que estava sendo executado o trabalho.
- **Material:** toda causa que envolve o material que estava sendo utilizado no trabalho.
- **Mão-de-obra:** toda causa que envolve uma atitude do colaborador.
- **Máquina:** toda causa envolvendo a máquina que estava sendo operada.
- **Medida:** toda causa que envolve os instrumentos de medida, sua calibração, erros, precisão, etc.
- **Meio ambiente:** toda causa que envolve o meio ambiente em si e/ou o ambiente de trabalho.

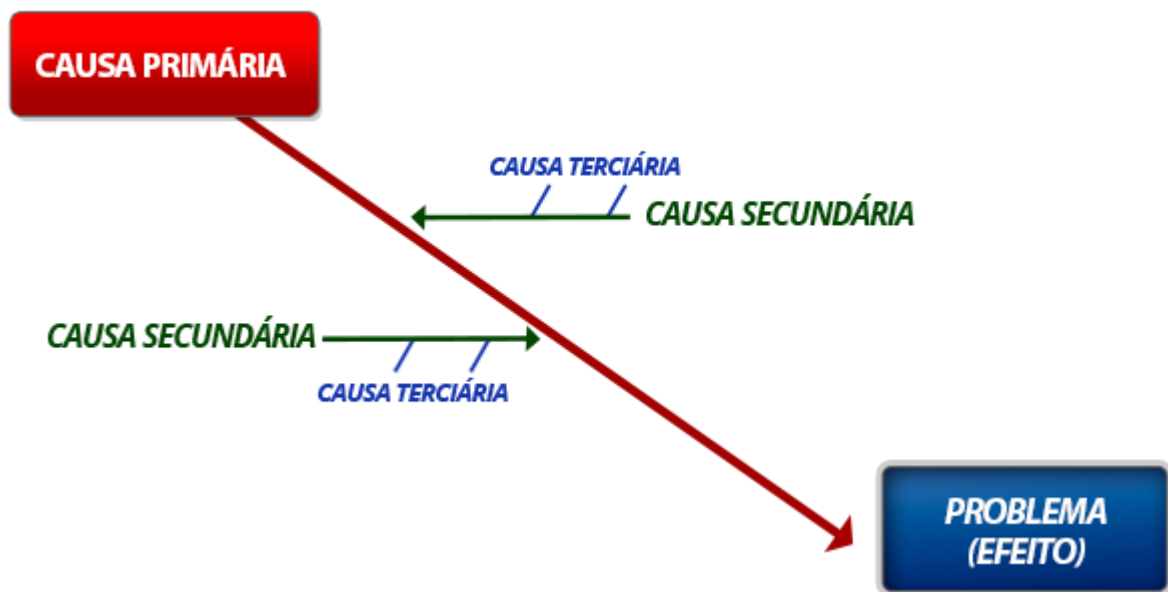
O Diagrama de Ishikawa é muito útil quando nos deparamos com algumas das seguintes situações:

- Temos que analisar um **problema complexo**, quando existem muitas prováveis causas
- Queremos identificar **todas as causas possíveis** para um modo de falha
- Conhecer **diversos pontos de vista** da equipe a respeito das causas de um modo de falha

As saídas das discussões são organizadas na chamada “espinha de peixe” (ver figura a seguir) e, com isso, a equipe consegue visualizar as relações de causa e efeito, relacionando, também, **causas que podem estar ligadas a mais de um modo de falha ao mesmo tempo!**



Pode ser que diagramas fiquem complexos, e que não existam apenas causas chamadas Primárias, pode-se, sem problema algum, ir além!



### 2.6 Ferramenta 5W2H

O 5W2H, ou suas variações (5W1H, etc) é uma ferramenta excelente para a organização e controle dos planos de ação a serem desenvolvidos na etapa final do FMEA.

- *Who?* (Quem?)
- *What?* (O quê?)
- *Where?* (Onde?)
- *When?* (Quando?)
- *Why?* (Por que?)
- *How?* (Como?)
- *How much?* (Quanto?)

Ao serem respondidas estas perguntas básicas, de forma estruturada, a equipe consegue organizar, executar e controlar os planos de ação oriundos das necessidades apresentadas na coluna "Ações recomendadas" do FMEA.

Por exemplo:

O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar a temperatura do Forno	José	Forno 2W5C	Diminuição da duração do processo	01/maio	Aumentar a potência do motor	Aumento de 0,5% do custo operacional
Incluir inspeção durante o processo	Carlos	Linha 17	Diminuir refugo	05/junho	Aumentar um operador	1 salário + benefícios

*Claro que temos inúmeras outras ferramentas que podem auxiliar na implantação do FMEA. Mesmo na sua análise!*

Não temos a pretensão de esgotar este assunto, mas você pode buscar mais informações a respeito de cada ferramenta da qualidade existente (e a toda hora uma nova pode surgir).

Abaixo, apresentamos um quadro resumo de algumas delas.

Atividade	Ferramenta	Etapa
Gerar, coletar e organizar ideias	Brainstorming Estratificação Folha de Verificação Diagrama de afinidades Diagrama de relações Diagrama de causa e efeito Diagrama de relações Diagrama de causa e efeito Gráfico de Pareto	Identificação do problema Observação do problema Verificação Execução
Analisar dados	Histograma Gráfico de Dispersão Gráfico sequencial	Identificação do problema Observação do problema Análise do problema

	Cartas de Controle	Execução Verificação
Definir e priorizar ações	Diagrama Matricial Diagrama de Causa e efeito Diagrama de Priorização Diagrama de Árvore	Análise do Problema Plano de Ação Ação
Definir estratégias e planos de ação	Diagrama do Processo Decisório Diagrama de Atividades 5W 2H	Plano de Ação

**E com isto concluímos a aula de hoje!**

Na próxima aula veremos alguns exemplos mais detalhados da aplicação dos conceitos vistos até aqui, para ajudar você na implantação do FMEA!

Até lá!