

FMEA E FMECA NA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO: MODOS DE FALHA, CRITICIDADE E GESTÃO DE RISCOS

FMEA e FMECA aplicadas à Engenharia de Manutenção: entenda modos de falha, efeitos, causas, criticidade, RPN, priorização e integração com gestão de riscos.

SUMÁRIO

1. FMEA E FMECA: O QUE CADA MÉTODO RESPONDE	3
2. COMEÇAR PELA FUNÇÃO EVITA ANÁLISES SUPERFICIAIS	5
3. MODO DE FALHA, EFEITO, CAUSA E MECANISMO NÃO SÃO SINÔNIMOS	6
4. COMO TRANSFORMAR FMEA EM FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO	7
5. QUANDO A FMECA ADICIONA VALOR REAL	7
6. RPN NÃO DEVE SER O ÚNICO CRITÉRIO DE DECISÃO	8
7. COMO ESTRUTURAR UMA FMEA/FMECA PASSO A PASSO	8
8. CRITÉRIOS DE CRITICIDADE DEVEM NASCER DO CONTEXTO DO ATIVO	10
9. COMO RELACIONAR FMECA À ANÁLISE DE CRITICIDADE DE ATIVOS	11
10. DADOS DE CAMPO TORNAM A ANÁLISE MELHOR AO LONGO DO TEMPO	11
11. COMO USAR FMEA/FMECA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	12
12. COMO USAR EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO, TELECOM E SEGURANÇA ELETRÔNICA	12
13. FMEA/FMECA EM PROJETO E DESIGN REVIEW	12
14. COMO CONVERTER RESULTADOS EM PLANO DE AÇÃO	13
15. CRITICIDADE RESIDUAL DEVE SER REAVALIADA APÓS A AÇÃO	13
16. GOVERNANÇA E ATUALIZAÇÃO DA FMEA/FMECA	14
17. QUANDO CONTRATAR APOIO ESPECIALIZADO	14
18. CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
18.0.1. Serviços relacionados	16
18.0.2. Soluções relacionadas	16
18.0.3. Conteúdos principais sobre o tema	16
18.0.4. Conteúdos técnicos correlatos	16

FMEA e FMECA são métodos estruturados para identificar como ativos, sistemas ou processos podem deixar de cumprir suas funções, compreender os efeitos dessas falhas e definir ações de tratamento. Na Engenharia de Manutenção, a FMEA organiza funções, modos de falha, efeitos, causas e controles; a FMECA acrescenta uma avaliação explícita de criticidade para priorizar os riscos que exigem intervenção primeiro.

A diferença prática é relevante. Uma FMEA pode ser suficiente quando o objetivo é construir uma visão sistemática dos modos de falha e melhorar controles. A FMECA ganha importância quando a organização precisa distinguir quais falhas têm maior impacto sobre segurança, continuidade, produção, meio ambiente, qualidade ou custo e transformar essa diferença em prioridade de Engenharia.

Nenhum dos métodos deve ser tratado como uma planilha de pontuação isolada. O valor aparece quando a análise conecta função requerida, mecanismo de falha, evidências de campo, criticidade e decisão: mudar a estratégia de manutenção, criar inspeção baseada em condição, revisar periodicidades, manter corretiva planejada, aumentar redundância, alterar estoque, desenvolver projeto de adequação ou renovar o ativo.

A ABNT NBR 5462:1994 já distingue FMEA e FMECA no vocabulário de confiabilidade e manutenibilidade. A IEC 60812:2018 amplia esse tratamento e descreve como essas análises podem ser planejadas, executadas, documentadas e mantidas em hardware, software, processos e interfaces. Na gestão de ativos, a ABNT NBR ISO 55000:2024 reforça o equilíbrio entre desempenho, risco e custo ao longo do ciclo de vida.

1. FMEA E FMECA: O QUE CADA MÉTODO RESPONDE

A FMEA — Failure Modes and Effects Analysis — parte do princípio de que não é suficiente conhecer o equipamento nominalmente. É preciso compreender a função que ele deve desempenhar, como essa função pode falhar e quais efeitos surgem quando isso ocorre. O foco é decompor a lógica da falha antes que o evento aconteça ou antes de decidir como tratá-lo.

Na terminologia da NBR 5462, a FMEA é uma análise qualitativa dos modos de pane e de seus efeitos sobre subitens e sobre a função requerida. A FMECA acrescenta uma avaliação da probabilidade de ocorrência e do grau de criticidade. A IEC 60812:2018 segue a mesma lógica, mas permite diferentes formas de priorização e deixa claro que criticidade não precisa ser reduzida a um único número.

Em ambas, a equipe procura entender como o item pode falhar, quais efeitos surgem localmente e no sistema, quais causas ou mecanismos estão associados e quais controles já existem. A diferença aparece quando a análise precisa classificar criticidade

de forma explícita. A FMEA pode incluir priorização; na FMECA, a criticidade é parte central do método.

A escolha não deve ser dogmática. Em alguns projetos, uma FMEA detalhada com critérios de priorização já atende ao objetivo. Em outros, principalmente quando existem muitos modos de falha e consequências muito diferentes, a FMECA organiza melhor a tomada de decisão.

Relação entre função, modo de falha, efeito, criticidade e decisão de Engenharia

```
#a3a-diagram-1{font-family:Roboto,sans-serif;font-size:15px;fill:var(--a3a-diag-text,#0a0a0a);}@keyframes edge-animation-frame{from{stroke-dashoffset:0;}}@keyframes dash{to{stroke-dashoffset:0;}}#a3a-diagram-1 .edge-animation-slow{stroke-dasharray:9,5!important;stroke-dashoffset:900;animation:dash 50s linear infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-1 .edge-animation-fast{stroke-dasharray:9,5!important;stroke-dashoffset:900;animation:dash 20s linear infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-1 .error-icon{fill:var(--a3a-diag-canvas,#ffffff);}#a3a-diagram-1 .error-text{fill:#000000;stroke:#000000;}#a3a-diagram-1 .edge-thickness-normal{stroke-width:1px;}#a3a-diagram-1 .edge-thickness-thick{stroke-width:3.5px;}#a3a-diagram-1 .edge-pattern-solid{stroke-dasharray:0;}#a3a-diagram-1 .edge-thickness-invisible{stroke-width:0;fill:none;}#a3a-diagram-1 .edge-pattern-dashed{stroke-dasharray:3;}#a3a-diagram-1 .edge-pattern-dotted{stroke-dasharray:2;}#a3a-diagram-1 .marker{fill:var(--a3a-diag-stroke,#2e42a2);stroke:var(--a3a-diag-stroke,#2e42a2);}#a3a-diagram-1 .marker.cross{stroke:var(--a3a-diag-stroke,#2e42a2);}#a3a-diagram-1 svg{font-family:Roboto,sans-serif;font-size:15px;}#a3a-diagram-1 p{margin:0;}#a3a-diagram-1 .label{font-family:Roboto,sans-serif;color:var(--a3a-diag-text,#0a0a0a);}#a3a-diagram-1 .cluster-label text{fill:var(--a3a-diag-title,#0124af);}#a3a-diagram-1 .cluster-label span{color:var(--a3a-diag-title,#0124af);}#a3a-diagram-1 .cluster-label span p{background-color:transparent;}#a3a-diagram-1 .label text,#a3a-diagram-1 span{fill:var(--a3a-diag-text,#0a0a0a);color:var(--a3a-diag-text,#0a0a0a);}#a3a-diagram-1 .node rect,#a3a-diagram-1 .node circle,#a3a-diagram-1 .node ellipse,#a3a-diagram-1 .node polygon,#a3a-diagram-1 .node path{fill:var(--a3a-diag-fill,#eef2fd);stroke:var(--a3a-diag-stroke,#2e42a2);stroke-width:1px;}#a3a-diagram-1 .rough-node .label text,#a3a-diagram-1 .node .label text,#a3a-diagram-1 .image-shape .label,#a3a-diagram-1 .icon-shape .label{text-anchor:middle;}#a3a-diagram-1 .node .katex path{fill:#000;stroke:#000;stroke-width:1px;}#a3a-diagram-1 .rough-node .label,#a3a-diagram-1 .node .label,#a3a-diagram-1 .image-shape .label,#a3a-diagram-1
```

```
.icon-shape .label{text-align:center;}#a3a-diagram-1
.node.clickable{cursor:pointer;}#a3a-diagram-1 .root .anchor path{fill:var(--a3a-diag-stroke,
#2e42a2)!important;stroke-width:0;stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-1
.arrowheadPath{fill:var(--a3a-diag-stroke, #0b0b0b);}#a3a-diagram-1 .edgePath
.path{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);stroke-width:2.0px;}#a3a-diagram-1
.flowchart-link{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);fill:none;}#a3a-diagram-1
.edgeLabel{background-color:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);text-align:center;}#a3a-diagram-1 .edgeLabel
p{background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);}#a3a-diagram-1 .edgeLabel
rect{opacity:0.5;background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-1 .labelBkg{background-color:rgba(255, 255, 255,
0.5);}#a3a-diagram-1 .cluster rect{fill:var(--a3a-diag-surface,
#f8f8f8);stroke:var(--a3a-diag-border, #e2e8f0);stroke-width:1px;}#a3a-diagram-1 .cluster
text{fill:var(--a3a-diag-title, #0124af);}#a3a-diagram-1 .cluster
span{color:var(--a3a-diag-title, #0124af);}#a3a-diagram-1 div.mermaidTooltip{position:abs
olute;text-align:center;max-width:200px;padding:2px;font-family:Roboto,sans-serif;font-siz
e:12px;background:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);border:1px solid hsl(0, 0%,
90%);border-radius:2px;pointer-events:none;z-index:100;}#a3a-diagram-1
.flowchartTitleText{text-anchor:middle;font-size:18px;fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);}#a3a-diagram-1 rect.text{fill:none;stroke-width:0;}#a3a-diagram-1
.icon-shape,#a3a-diagram-1 .image-shape{background-color:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);text-align:center;}#a3a-diagram-1 .icon-shape p,#a3a-diagram-1 .image-shape
p{background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);padding:2px;}#a3a-diagram-1
.icon-shape rect,#a3a-diagram-1 .image-shape
rect{opacity:0.5;background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-1 .label-icon{display:inline-block;height:1em;overflow:visible;vertical
-align:-0.125em;}#a3a-diagram-1 .node .label-icon
path{fill:currentColor;stroke:revert;stroke-width:revert;}#a3a-diagram-1
:root{--mermaid-font-family:Roboto,sans-serif;}Função requeridaModo de falhaEfeitoCausa
ou mecanismoControles atuaisPrioridade necessáriaFMEAFMECAAção de
EngenhariaRelação entre função, modo de falha, efeito, criticidade e decisão de
Engenharia
```

2. COMEÇAR PELA FUNÇÃO EVITA ANÁLISES SUPERFICIAIS

Um dos erros mais frequentes é iniciar a FMEA listando peças e defeitos. Isso desloca a análise para o componente antes de esclarecer o que realmente precisa ser preservado. A função requerida deve vir primeiro.

Uma bomba pode ter a função de fornecer determinada vazão e pressão. Um disjuntor pode ter funções de condução, interrupção e proteção dentro de uma arquitetura específica. Um sistema de videomonitoramento pode precisar capturar, transmitir, gravar e disponibilizar evidências com determinado nível de continuidade. Falhar não significa apenas “parar”; pode significar entregar desempenho insuficiente, atuar fora do tempo requerido ou perder parcialmente uma função.

Quando a função é mal definida, os modos de falha ficam genéricos. Expressões como “equipamento quebrado”, “problema elétrico” ou “defeito no motor” não ajudam a decidir manutenção. Um modo de falha precisa descrever a forma como a função deixa de ser atendida: não parte, não entrega vazão suficiente, não abre quando comandado, atua indevidamente, perde comunicação, degrada isolamento, superaquece ou produz medição incorreta.

Essa disciplina melhora a qualidade da análise porque os efeitos passam a ser avaliados contra uma necessidade técnica concreta. Também aproxima FMEA e FMECA de RCM, análise de criticidade e gestão de ativos.

3. MODO DE FALHA, EFEITO, CAUSA E MECANISMO NÃO SÃO SINÔNIMOS

Confundir esses elementos gera ações erradas. O modo de falha descreve como a função se perde. O efeito descreve o que acontece depois. A causa aponta a circunstância que contribuiu para a falha. O mecanismo descreve o processo físico, químico, lógico ou humano que conduz ao evento.

Considere um painel elétrico com aquecimento anormal em uma conexão. O modo de falha pode ser a incapacidade de conduzir corrente dentro dos limites térmicos previstos. O efeito local pode ser elevação de temperatura e degradação do isolamento. O efeito sistêmico pode ser desligamento de carga crítica. A causa pode envolver torque inadequado, contaminação, dimensionamento ou ciclo térmico. O mecanismo pode ser aumento de resistência de contato e aquecimento progressivo.

A ação muda conforme a causa e o mecanismo. Reapertar indiscriminadamente pode não resolver um problema de dimensionamento. Substituir componente pode não eliminar uma condição de sobrecarga. A FMEA precisa levar a investigação até um nível suficiente para que o tratamento seja tecnicamente coerente.

4. COMO TRANSFORMAR FMEA EM FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO

Quando modos de falha, criticidade e ações estão dispersos entre manutenção, operação e projetos, a organização perde rastreabilidade sobre por que determinado risco foi aceito ou tratado. Uma análise estruturada cria a base técnica para decidir prioridades e investimentos.

Estruturar diagnóstico de confiabilidade e criticidade

Na manutenção, FMEA é útil para estruturar o raciocínio antes de escolher tarefas. Para cada modo de falha relevante, a equipe pergunta se existe forma tecnicamente aplicável de prevenir, detectar ou reduzir a consequência. Isso evita criar planos baseados apenas em periodicidades herdadas.

Um modo de falha gradual e detectável pode justificar monitoramento de condição. Um modo relacionado à idade pode justificar substituição periódica. Uma falha oculta de função de proteção pode exigir teste funcional ou tarefa detectiva. Uma falha aleatória de baixa consequência pode ser aceita como corretiva planejada. Uma falha recorrente associada a deficiência de projeto pode exigir redesign.

O método também ajuda a revisar tarefas existentes. Se uma preventiva não está associada a modo de falha claro, não produz evidência útil ou não altera probabilidade nem consequência, sua justificativa precisa ser revista.

Esse é um ponto importante para Engenharia de Manutenção: FMEA não serve para aumentar a quantidade de manutenção. Serve para tornar a política de manutenção tecnicamente justificável.

5. QUANDO A FMECA ADICIONA VALOR REAL

FMECA é especialmente útil quando o número de modos de falha cresce e a organização precisa decidir onde investir tempo, inspeção, orçamento e recursos de Engenharia. Ela acrescenta criticidade à FMEA.

Criticidade não é apenas probabilidade. Uma falha pouco frequente pode ser prioritária se sua consequência for severa. Da mesma forma, uma falha recorrente de baixo impacto pode ser economicamente relevante sem ser crítica para segurança ou continuidade.

A análise pode usar métodos qualitativos, matrizes semi-quantitativas ou modelos quantitativos. A IEC 60812:2018 admite diferentes métodos de priorização, inclusive matrizes de criticidade e alternativas ao RPN. A escolha depende de dados disponíveis, finalidade da análise e maturidade da organização.

6. RPN NÃO DEVE SER O ÚNICO CRITÉRIO DE DECISÃO

Aspecto	FMEA	FMECA	Aplicação na manutenção
Objetivo	Identificar modos de falha, efeitos, causas e controles	Adicionar avaliação explícita de criticidade	Transformar análise em política e prioridade de intervenção
Ênfase	Compreensão estruturada da falha	Priorização por consequência e probabilidade	Crítérios para inspeção, manutenção, sobressalentes e redesign
Saída típica	Mapa de modos, efeitos e controles	Mapa de modos com criticidade associada	Plano de ação técnico com responsáveis e prazos
Risco de uso inadequado	Virar planilha descritiva sem decisão	Reduzir criticidade a uma pontuação isolada	Manter tarefas sem relação com mecanismo de falha

O Risk Priority Number, quando utilizado, costuma combinar severidade, ocorrência e detecção. Ele pode ser útil para ordenar riscos dentro de uma metodologia consistente, mas possui limitações conhecidas.

Combinações muito diferentes podem produzir o mesmo número. Além disso, multiplicar escalas ordinais dá aparência de precisão matemática a uma avaliação que pode ser essencialmente qualitativa. Uma falha de severidade extrema pode terminar com RPN semelhante ao de outra muito menos severa porque os demais fatores compensaram o valor.

Por isso, a criticidade deve preservar visibilidade sobre a consequência. Regras de escalonamento podem determinar, por exemplo, que determinados níveis de segurança, impacto ambiental ou indisponibilidade crítica exijam ação independentemente do RPN final.

A própria IEC 60812:2018 reconhece alternativas de priorização e não restringe FMEA/FMECA a uma única fórmula. Para Engenharia, isso é saudável: o método deve apoiar decisão, não substituir julgamento técnico.

7. COMO ESTRUTURAR UMA FMEA/FMECA PASSO A PASSO

Uma análise robusta começa com preparação. O escopo deve especificar sistema, fronteiras, finalidade, nível de decomposição, premissas, condições de operação e critérios de criticidade. Sem isso, diferentes participantes analisam objetos distintos sob o mesmo título.

O trabalho pode seguir uma sequência organizada:

Cada etapa deve produzir informação rastreável. O objetivo não é preencher a maior quantidade possível de linhas, mas capturar modos de falha que influenciem decisão.

Ciclo de elaboração e manutenção de uma FMEA ou

```
FMECA#a3a-diagram-2{font-family:Roboto,sans-serif;font-size:15px;fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);}@keyframes edge-animation-frame{from{stroke-dashoffset:0;}}@keyframes
dash{to{stroke-dashoffset:0;}}#a3a-diagram-2 .edge-animation-slow{stroke-dasharray:9,5!i
mportant;stroke-dashoffset:900;animation:dash 50s linear
infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-2 .edge-animation-fast{stroke-dasharray:9,5!im
portant;stroke-dashoffset:900;animation:dash 20s linear
infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-2 .error-icon{fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-2 .error-text{fill:#000000;stroke:#000000;}#a3a-diagram-2
.edge-thickness-normal{stroke-width:1px;}#a3a-diagram-2
.edge-thickness-thick{stroke-width:3.5px;}#a3a-diagram-2
.edge-pattern-solid{stroke-dasharray:0;}#a3a-diagram-2
.edge-thickness-invisible{stroke-width:0;fill:none;}#a3a-diagram-2
.edge-pattern-dashed{stroke-dasharray:3;}#a3a-diagram-2
.edge-pattern-dotted{stroke-dasharray:2;}#a3a-diagram-2 .marker{fill:var(--a3a-diag-stroke,
#2e42a2);stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-2
.marker.cross{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-2
svg{font-family:Roboto,sans-serif;font-size:15px;}#a3a-diagram-2
p{margin:0;}#a3a-diagram-2 .label{font-family:Roboto,sans-serif;color:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);}#a3a-diagram-2 .cluster-label text{fill:var(--a3a-diag-title,
#0124af);}#a3a-diagram-2 .cluster-label span{color:var(--a3a-diag-title,
#0124af);}#a3a-diagram-2 .cluster-label span
p{background-color:transparent;}#a3a-diagram-2 .label text,#a3a-diagram-2
span{fill:var(--a3a-diag-text, #0a0a0a);color:var(--a3a-diag-text, #0a0a0a);}#a3a-diagram-2
.node rect,#a3a-diagram-2 .node circle,#a3a-diagram-2 .node ellipse,#a3a-diagram-2 .node
polygon,#a3a-diagram-2 .node path{fill:var(--a3a-diag-fill,
#eef2fd);stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);stroke-width:1px;}#a3a-diagram-2
.rough-node .label text,#a3a-diagram-2 .node .label text,#a3a-diagram-2 .image-shape
.label,#a3a-diagram-2 .icon-shape .label{text-anchor:middle;}#a3a-diagram-2 .node .katex
path{fill:#000;stroke:#000;stroke-width:1px;}#a3a-diagram-2 .rough-node
.label,#a3a-diagram-2 .node .label,#a3a-diagram-2 .image-shape .label,#a3a-diagram-2
.icon-shape .label{text-align:center;}#a3a-diagram-2
.node.clickable{cursor:pointer;}#a3a-diagram-2 .root .anchor path{fill:var(--a3a-diag-stroke,
#2e42a2)!important;stroke-width:0;stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-2
.arrowheadPath{fill:var(--a3a-diag-stroke, #0b0b0b);}#a3a-diagram-2 .edgePath
.path{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);stroke-width:2.0px;}#a3a-diagram-2
```

```
.flowchart-link{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);fill:none;}#a3a-diagram-2
.edgeLabel{background-color:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);text-align:center;}#a3a-diagram-2 .edgeLabel
p{background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);}#a3a-diagram-2 .edgeLabel
rect{opacity:0.5;background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-2 .labelBkg{background-color:rgba(255, 255, 255,
0.5);}#a3a-diagram-2 .cluster rect{fill:var(--a3a-diag-surface,
#f8f8f8);stroke:var(--a3a-diag-border, #e2e8f0);stroke-width:1px;}#a3a-diagram-2 .cluster
text{fill:var(--a3a-diag-title, #0124af);}#a3a-diagram-2 .cluster
span{color:var(--a3a-diag-title, #0124af);}#a3a-diagram-2 div.mermaidTooltip{position:abs
olute;text-align:center;max-width:200px;padding:2px;font-family:Roboto,sans-serif;font-siz
e:12px;background:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);border:1px solid hsl(0, 0%,
90%);border-radius:2px;pointer-events:none;z-index:100;}#a3a-diagram-2
.flowchartTitleText{text-anchor:middle;font-size:18px;fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);}#a3a-diagram-2 rect.text{fill:none;stroke-width:0;}#a3a-diagram-2
.icon-shape,#a3a-diagram-2 .image-shape{background-color:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);text-align:center;}#a3a-diagram-2 .icon-shape p,#a3a-diagram-2 .image-shape
p{background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);padding:2px;}#a3a-diagram-2
.icon-shape rect,#a3a-diagram-2 .image-shape
rect{opacity:0.5;background-color:var(--a3a-diag-canvas, #ffffff);fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-2 .label-icon{display:inline-block;height:1em;overflow:visible;vertical
-align:-0.125em;}#a3a-diagram-2 .node .label-icon
path{fill:currentColor;stroke:revert;stroke-width:revert;}#a3a-diagram-2
:root{--mermaid-font-family:Roboto,sans-serif;}EscopoFunçõesModos de falhaEfeitos e
causasCriticidadeAçõesVerificaçãoAtualizaçãoCiclo de elaboração e manutenção de uma
FMEA ou FMECA
```

8. CRITÉRIOS DE CRITICIDADE DEVEM NASCER DO CONTEXTO DO ATIVO

Uma matriz de criticidade copiada de outra organização pode gerar prioridades erradas. Os critérios precisam representar os objetivos e consequências relevantes do contexto analisado.

Em infraestrutura crítica, disponibilidade e continuidade podem dominar. Em processos industriais, perdas de produção, qualidade e segurança podem ter maior peso. Em instalações prediais, segurança, conformidade, continuidade de serviços essenciais e custo podem ser centrais. Em sistemas de proteção, falhas ocultas precisam receber tratamento diferenciado.

A ABNT NBR ISO 55000:2024 define ativo crítico como aquele capaz de impactar significativamente os objetivos da organização. Essa definição é mais útil do que classificar criticidade apenas pelo preço de reposição do equipamento.

Um ativo barato pode ser crítico se sua falha interrompe todo o processo. Um ativo caro e redundante pode ter menor consequência operacional imediata. Por isso, criticidade deve ser avaliada pelo efeito sobre objetivos, não pelo valor de compra isolado.

9. COMO RELACIONAR FMECA À ANÁLISE DE CRITICIDADE DE ATIVOS

FMECA e análise de criticidade de ativos não são idênticas. A análise de criticidade pode classificar ativos ou sistemas em nível mais alto, usando consequências e probabilidades agregadas. A FMECA aprofunda o raciocínio no nível dos modos de falha.

Uma arquitetura eficiente usa os dois níveis. Primeiro, a organização identifica quais ativos ou sistemas merecem maior atenção. Depois, aplica FMEA/FMECA onde a profundidade de análise gera valor. Isso evita fazer uma FMECA detalhada em milhares de ativos sem diferenciação de prioridade.

Essa hierarquia também melhora escalabilidade. Ativos de classe crítica podem receber estudos detalhados, maior monitoramento e requisitos de redundância. Ativos de menor criticidade podem operar com políticas simplificadas.

10. DADOS DE CAMPO TORNAM A ANÁLISE MELHOR AO LONGO DO TEMPO

A primeira FMEA raramente é perfeita. Ela combina conhecimento de projeto, histórico, manuais, experiência de operação e julgamento de especialistas. Com o tempo, falhas reais, inspeções e ordens de manutenção permitem validar ou contestar hipóteses.

A NBR 5462 destaca que dados observados devem registrar condições e critérios relevantes. Isso é essencial para FMEA/FMECA. Um modo de falha registrado sem contexto pode parecer mais ou menos frequente do que realmente é.

Dados úteis incluem regime de operação, horas de funcionamento, carregamento, condição ambiental, modo de falha confirmado, tempo de restabelecimento, peças utilizadas, causa determinada, efeito operacional e ação executada. A qualidade desses registros influencia diretamente a qualidade da priorização futura.

11. COMO USAR FMEA/FMECA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Em instalações elétricas, FMEA e FMECA ajudam a estruturar problemas que não devem ser tratados apenas como “falhas elétricas”. Alimentação, proteção, seccionamento, aterramento, comando, supervisão e redundância possuem funções próprias.

Um transformador pode perder capacidade por degradação térmica ou dielétrica. Um disjuntor pode falhar em abrir, falhar em fechar ou atuar indevidamente. Um sistema de proteção pode estar indisponível sem que a operação perceba imediatamente. Uma conexão pode degradar progressivamente e produzir aquecimento antes da falha funcional.

Cada modo exige tratamento diferente. Alguns são detectáveis por termografia, ensaios ou monitoramento. Outros exigem testes funcionais periódicos. Alguns pedem revisão de coordenação e seletividade. Outros revelam deficiência de projeto, obsolescência ou necessidade de adequação.

A FMECA torna explícita a consequência de cada modo e ajuda a ordenar inspeções, testes, paradas e projetos.

12. COMO USAR EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO, TELECOM E SEGURANÇA ELETRÔNICA

Sistemas digitais e de comunicação também têm modos de falha funcionais relevantes: perda de alimentação, indisponibilidade de rede, falha de armazenamento, perda de sincronismo, falha de autenticação, degradação de comunicação, indisponibilidade de servidor, erro de configuração ou perda de redundância.

Nesses sistemas, a falha nem sempre é física. Software, configuração e interação humana fazem parte do escopo da IEC 60812:2018. Isso permite que a análise cubra interfaces entre hardware, software, procedimento e operador.

Em arquiteturas críticas, FMECA pode revelar pontos únicos de falha que não aparecem quando cada equipamento é analisado isoladamente. A consequência sistêmica é, novamente, mais importante do que o preço de cada componente.

13. FMEA/FMECA EM PROJETO E DESIGN REVIEW

Se a FMECA revela recorrência de falhas sistêmicas, falta de redundância ou limitações de projeto, aumentar a frequência de manutenção raramente resolve a causa. O achado precisa ser convertido em requisito, projeto e plano de adequação.

[Transformar riscos em ações de Engenharia](#)

Usar FMEA apenas depois da implantação perde parte de seu potencial. Em projeto, ela pode identificar modos de falha antes de decisões se tornarem caras para corrigir.

Durante Design Review, a equipe pode avaliar funções críticas, interfaces, redundâncias, acessibilidade para manutenção, modos comuns de falha, proteção, alarmes, pontos de teste e capacidade de isolamento. Uma alteração de projeto pode reduzir risco de forma mais estrutural do que qualquer tarefa posterior de manutenção.

Esse uso aproxima FMEA de Reliability by Design. O tratamento da falha deixa de ser apenas operacional e passa a influenciar requisitos de Engenharia.

14. COMO CONVERTER RESULTADOS EM PLANO DE AÇÃO

Uma matriz de risco só gera valor quando as ações chegam ao plano de manutenção, ao cadastro de ativos, ao procurement e aos projetos. A governança deve acompanhar responsáveis, evidências, criticidade residual e atualização do estudo.

[Integrar criticidade à gestão de ativos](#)

Uma FMEA/FMECA sem plano de ação vira documentação passiva. Cada risco que exige tratamento precisa gerar uma saída concreta e rastreável.

As ações podem ser de naturezas diferentes:

Separar essas categorias ajuda a encaminhar cada problema ao processo correto. Uma falha de projeto não deve ficar eternamente aberta como ordem de manutenção. Uma deficiência de documentação precisa gerar atualização de As-Built ou cadastro. Uma vulnerabilidade de suprimentos pode exigir estratégia de estoque ou procurement.

15. CRITICIDADE RESIDUAL DEVE SER REAVALIADA APÓS A AÇÃO

Concluir uma ação não significa que o risco desapareceu. É preciso verificar o efeito real do tratamento.

Se um sensor foi instalado, ele detecta o mecanismo de falha com antecedência suficiente? Se uma redundância foi criada, ela elimina o ponto único de falha ou compartilha alimentação e ambiente com o canal principal? Se a periodicidade foi reduzida, a tarefa realmente controla o modo de falha?

A reavaliação de criticidade residual evita encerrar ações apenas porque foram executadas. O resultado precisa ser tecnicamente demonstrável.

16. GOVERNANÇA E ATUALIZAÇÃO DA FMEA/FMECA

A análise deve ter responsável, versão, data e critérios de revisão. Mudanças de projeto, alteração de regime operacional, falhas não previstas, novos dados e obsolescência podem exigir atualização.

Uma FMEA antiga pode continuar formalmente existente e tecnicamente obsoleta. O documento precisa acompanhar o ciclo de vida do ativo.

A gestão de ativos reforça esse princípio. A ABNT NBR ISO 55000:2024 trata informação documentada, desempenho, risco, conhecimento e melhoria contínua como elementos relacionados à obtenção de valor dos ativos. FMEA e FMECA se encaixam bem nesse sistema quando são usadas como instrumentos vivos de decisão.

17. QUANDO CONTRATAR APOIO ESPECIALIZADO

Apoio de Engenharia faz sentido quando o sistema possui alta criticidade, interfaces multidisciplinares, documentação incompleta, reincidência de falhas, divergência entre projeto e campo ou necessidade de transformar a análise em plano de investimentos.

Em situações assim, o trabalho pode envolver levantamento cadastral, análise documental, inspeções, revisão de criticidade, FMEA/FMECA, análise de falhas, definição de planos de ação, projeto de adequação, especificação técnica, procurement e acompanhamento da implantação.

O objetivo é evitar que a análise termine em uma matriz isolada. O produto final deve apoiar decisões sobre manutenção, confiabilidade, risco e ciclo de vida.

18. CONSIDERAÇÕES FINAIS

FMEA e FMECA são mais valiosas quando deixam de ser tratadas como formulários e passam a organizar o raciocínio de Engenharia. A FMEA estrutura funções, modos de falha, efeitos, causas e controles. A FMECA acrescenta criticidade para priorizar onde a consequência exige maior atenção.

Na Engenharia de Manutenção, os métodos ajudam a selecionar políticas coerentes para cada modo de falha e a separar problemas de manutenção de problemas de projeto, operação, documentação ou suprimentos. Na Gestão de Ativos, conectam risco e

desempenho a decisões de ciclo de vida.

O critério de qualidade é simples: uma boa análise deve permitir que outra equipe compreenda por que determinado risco foi considerado relevante, qual tratamento foi escolhido, qual evidência sustenta a decisão e como o risco residual será verificado.

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5462:1994 — Confiabilidade e manutenibilidade — Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

[2] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60812:2018 — Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA). Geneva: IEC, 2018. Disponível em: [IEC 60812:2018](<https://webstore.iec.ch/en/publication/26359>).

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 55000:2024 — Gestão de ativos — Terminologia, visão geral e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 55001:2024 — Asset management — Asset management system — Requirements. Geneva: ISO, 2024. Disponível em: [ISO 55001:2024](<https://www.iso.org/standard/83054.html>).

[5] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60300-3-10:2025 — Dependability management — Part 3-10: Application guide — Maintainability and maintenance. Geneva: IEC, 2025. Disponível em: [IEC 60300-3-10:2025](<https://webstore.iec.ch/en/publication/65334>).

Qual é a diferença entre FMEA e FMECA? A FMEA identifica funções, modos de falha, efeitos, causas e controles. A FMECA acrescenta uma avaliação explícita de criticidade, permitindo priorizar modos de falha conforme consequência, probabilidade ou outros critérios definidos. **FMECA é apenas FMEA com RPN?** Não. A FMECA exige avaliação de criticidade, mas essa avaliação pode usar métodos qualitativos, matrizes semi-quantitativas ou abordagens quantitativas. O RPN é apenas uma das formas possíveis de priorização e não deve ocultar consequências severas. **FMEA pode ser usada na manutenção?** Sim. Ela ajuda a relacionar modos de falha a políticas de manutenção, como preventiva, monitoramento de condição, tarefa detectiva, corretiva planejada ou redesign. **Quando vale a pena fazer FMECA?** Quando existem muitos modos de falha, consequências muito diferentes ou necessidade de priorizar recursos de manutenção, inspeção, projeto e investimento com base em criticidade. **FMEA substitui análise de causa raiz?** Não. A FMEA é predominantemente proativa e analisa modos de falha potenciais. A análise de causa raiz investiga eventos já ocorridos para determinar causas e mecanismos. As duas abordagens se complementam. **Quem deve participar de uma FMEA ou FMECA?** A equipe deve combinar conhecimento de projeto, operação,

manutenção, segurança e processo. Especialistas adicionais podem participar quando houver modos de falha específicos que exijam conhecimento especializado.

18.0.1. Serviços relacionados

18.0.2. Soluções relacionadas

18.0.3. Conteúdos principais sobre o tema

18.0.4. Conteúdos técnicos correlatos

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.