

MTBF, MTTR E DISPONIBILIDADE: COMO MEDIR CONFIABILIDADE E DESEMPENHO DOS ATIVOS

MTBF, MTTR e disponibilidade: entenda fórmulas, definições, erros de cálculo, dados de campo e como usar os indicadores para confiabilidade e decisões de Engenharia.

SUMÁRIO

1. O QUE É MTBF E O QUE ELE REALMENTE MEDE	3
2. MTBF NÃO É VIDA ÚTIL	4
3. COMO CALCULAR MTBF COM DADOS DE CAMPO	4
4. FALHAS RELEVANTES PRECISAM DE CRITÉRIO EXPLÍCITO	6
5. MTBF POR ATIVO, FAMÍLIA OU MODO DE FALHA	7
6. O QUE É MTTR SEGUNDO A NBR 5462	7
7. TEMPO DE REPARO E TEMPO DE RESTABELECIMENTO NÃO SÃO IGUAIS	8
8. COMO DECOMPOR O TEMPO DE RESTABELECIMENTO	8
9. O QUE É DISPONIBILIDADE	10
10. FÓRMULA DE DISPONIBILIDADE: QUANDO MTBF E MTTR PODEM SER USADOS	11
11. EXEMPLO DIDÁTICO DE DISPONIBILIDADE	11
12. DISPONIBILIDADE INERENTE, ALCANÇADA E OPERACIONAL	13
13. DISPONIBILIDADE DE SISTEMAS REDUNDANTES NÃO É MÉDIA DOS COMPONENTES.	
14. MTBF E TAXA DE FALHA	13
15. JANELA DE ANÁLISE MUDA O INDICADOR	14
16. CENSURA E ATIVOS QUE AINDA NÃO FALHARAM	14
17. COMO ESTRUTURAR A COLETA DE DADOS	14
18. COMO EVITAR INDICADORES MANIPULÁVEIS	15
19. COMO MELHORAR MTBF	15
20. COMO REDUZIR MTTR	15
21. O PAPEL DOS SOBRESSAIENTES E DO PROCUREMENT	16
22. MTBF E MTTR EM CONTRATOS E SLAS	16
23. COMO COMBINAR MTBF, MTTR E CRITICIDADE	16
24. COMO USAR OS INDICADORES NO PCM	17
25. COMO CONECTAR OS INDICADORES À GESTÃO DE ATIVOS	17
26. QUANDO INDICADORES APONTAM PARA PROJETO, NÃO MANUTENÇÃO	17
27. QUANDO CONTRATAR APOIO ESPECIALIZADO	18
28. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
28.0.1. Serviços relacionados	19
28.0.2. Soluções relacionadas	19
28.0.3. Conteúdos principais sobre o tema	20
28.0.4. Conteúdos técnicos correlatos	20

MTBF, MTTR e disponibilidade são indicadores usados para entender com que frequência ativos reparáveis falham, quanto tempo levam para voltar à condição de disponibilidade e qual parcela do tempo conseguem permanecer aptos a cumprir a função requerida. Juntos, ajudam a separar dois problemas que frequentemente são confundidos: falhar demais e demorar demais para restabelecer o serviço.

MTBF – Mean Time Between Failures – representa o tempo médio entre falhas dentro de uma população ou histórico definido. MTTR é uma sigla que, na ABNT NBR 5462:1994, corresponde ao tempo de restabelecimento médio: a esperança matemática do intervalo entre a ocorrência de uma falha e a recolocação do item em estado de disponibilidade. Disponibilidade, por sua vez, expressa a capacidade de o item estar em condições de executar uma função requerida, considerando confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção.

Esses conceitos parecem simples, mas são frequentemente usados de forma incorreta. MTBF não é vida útil. MTTR não deve ser confundido automaticamente com o tempo efetivo de reparo. E a disponibilidade operacional não pode ser calculada de forma confiável sem saber quais tempos estão incluídos no numerador e no denominador.

Para Engenharia de Manutenção, o valor desses indicadores não está em produzir um número bonito para dashboard. Está em diagnosticar se a perda de desempenho decorre de recorrência de falhas, baixa manutenibilidade, demora logística, falta de sobressalentes, deficiência de projeto, baixa redundância ou governança inadequada dos dados.

1. O QUE É MTBF E O QUE ELE REALMENTE MEDE

MTBF é utilizado principalmente para itens reparáveis e representa uma média dos intervalos entre falhas consideradas relevantes dentro de um período ou conjunto de observações. Na prática operacional, uma estimativa comum é dividir o tempo acumulado de operação pelo número de falhas relevantes observadas, desde que o critério de falha, a fronteira do ativo e o período sejam consistentes.

Essa ressalva é decisiva. Se uma organização altera o que considera falha no meio da série histórica, o indicador perde comparabilidade. Se inclui paradas planejadas como falhas em um mês e exclui no seguinte, o MTBF deixa de representar comportamento técnico e passa a refletir regra de cadastro.

A NBR 5462 distingue falha, pane, tempo de operação, tempo entre falhas e falha relevante. Esse vocabulário é útil porque obriga a organização a explicitar o evento que entra no cálculo.

Uma forma operacional de estimar MTBF é:

MTBF estimado = tempo acumulado de operação / número de falhas relevantes

Essa expressão não transforma qualquer média em parâmetro estatístico universal. Ela resume o histórico observado sob critérios definidos. Para previsão de confiabilidade, especialmente em populações pequenas, regimes variáveis ou comportamento não estacionário, podem ser necessários métodos estatísticos mais robustos.

2. MTBF NÃO É VIDA ÚTIL

Um MTBF de 20.000 horas não significa que o equipamento “vai durar 20.000 horas”. Essa interpretação confunde média entre eventos em itens reparáveis com vida até falha ou vida útil.

A NBR 5462 trata vida útil como o intervalo desde a primeira disponibilidade até o momento em que a intensidade de falha se torna inaceitável ou o item é considerado irrecuperável após uma pane. Também distingue tempo até falha e tempo entre falhas. São conceitos diferentes.

Um sistema reparável pode operar por muitos anos, acumular diversas falhas e apresentar MTBF calculado sobre os intervalos entre elas. Vida útil envolve o ciclo de vida do item, não apenas a média de recorrência de eventos.

Essa distinção também importa na comparação entre fornecedores. Um valor de MTBF de catálogo pode ser calculado por modelo ou ensaio sob condições específicas e não deve ser interpretado como garantia de vida útil em campo.

3. COMO CALCULAR MTBF COM DADOS DE CAMPO

O cálculo começa pela definição da fronteira. É preciso saber se o indicador pertence a um componente, equipamento, linha, sistema ou frota. Misturar níveis produz resultados pouco úteis.

Considere um ativo reparável que acumulou 4.800 horas de operação durante o período analisado e apresentou 4 falhas relevantes segundo o critério da organização. O MTBF observado seria:

MTBF = 4.800 h / 4 = 1.200 h

Esse resultado significa que, naquele conjunto de dados, o tempo médio de operação por falha relevante foi de 1.200 horas. Não significa que a próxima falha ocorrerá exatamente

após 1.200 horas.

Também é preciso registrar períodos sem observação, mudanças de regime, substituições e modificações. Se o ativo foi significativamente redesenhado, misturar dados anteriores e posteriores pode esconder o efeito da mudança.

Relação entre períodos de operação, falhas e restabelecimentos usados em MTBF e MTTR

```
#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;}OperaçãoFalha
1RestabelecimentoOperaçãoFalha 2RestabelecimentoOperaçãoRelação entre períodos de
operação, falhas e restabelecimentos usados em MTBF e MTTR
```

4. FALHAS RELEVANTES PRECISAM DE CRITÉRIO EXPLÍCITO

Nem todo evento deve entrar no MTBF. A NBR 5462 define falha relevante como aquela que deve ser considerada na interpretação dos resultados operacionais, ensaios ou cálculo de uma medida de confiabilidade, e exige que o critério seja especificado.

Isso permite excluir eventos cuja natureza não representa a confiabilidade que se deseja medir, mas a exclusão precisa ser tecnicamente justificável. Caso contrário, o indicador pode ser manipulado simplesmente reclassificando eventos.

Um disparo causado por falha externa de alimentação, por exemplo, pode ou não ser considerado falha do ativo analisado dependendo da fronteira do sistema. O importante é manter a regra constante e documentada.

5. MTBF POR ATIVO, FAMÍLIA OU MODO DE FALHA

Um MTBF global pode esconder mecanismos diferentes. Se um equipamento apresenta falhas de comunicação, alimentação e ventilação, somar todos os eventos produz uma visão geral de recorrência, mas não mostra onde atuar.

Calcular indicadores por modo de falha pode revelar que a maior parte das interrupções deriva de um mecanismo específico. Isso é muito mais útil para FMEA, RCM e análise de causa raiz.

A agregação por família também exige cuidado. Equipamentos de modelos, ambientes, carregamentos e idades muito diferentes podem não pertencer à mesma população estatística. Uma média de frota pode ser válida para gestão, mas inadequada para previsão de um ativo específico.

6. O QUE É MTTR SEGUNDO A NBR 5462

A ABNT NBR 5462 define MTTR como **tempo de restabelecimento médio**. O tempo de restabelecimento é o intervalo entre a ocorrência da falha e a colocação do item novamente em estado de disponibilidade.

Isso é mais amplo do que o tempo em que um técnico efetivamente executa o reparo. O período pode incluir detecção, diagnóstico, localização, obtenção de recursos, correção, verificação funcional e outros atrasos associados até que a função esteja novamente disponível.

A norma também distingue tempo de reparo, tempo de manutenção corretiva efetiva, atraso técnico, atraso administrativo e atraso logístico. Essa estrutura mostra por que organizações que chamam qualquer média de manutenção de “MTTR” podem comparar grandezas diferentes sem perceber.

Uma estimativa operacional é:

MTTR = soma dos tempos de restabelecimento / número de restabelecimentos considerados

O início e o término do cronômetro precisam estar definidos. Sem isso, dois setores podem reportar MTTRs incompatíveis para o mesmo processo.

7. TEMPO DE REPARO E TEMPO DE RESTABELECIMENTO NÃO SÃO IGUAIS

O reparo é apenas uma parte da recuperação. Um ativo pode levar 45 minutos para ser reparado tecnicamente, mas permanecer indisponível por seis horas porque foi necessário localizar a falha, aguardar liberação, buscar peça, mobilizar especialista e executar testes finais.

Para confiabilidade operacional, o usuário sente as seis horas, não apenas os 45 minutos. Por isso, usar apenas wrench time como MTTR tende a superestimar a capacidade de recuperação.

Separar parcelas do downtime é útil porque cada uma tem uma alavanca de melhoria diferente. Diagnóstico lento pode exigir melhor instrumentação e documentação. Espera por peça aponta política de sobressalentes. Atraso de liberação pode ser processo. Reparo demorado pode revelar baixa manutenibilidade do projeto.

8. COMO DECOMPOR O TEMPO DE RESTABELECIMENTO

Uma análise de MTTR mais útil separa o ciclo de recuperação em etapas. Isso evita tentar resolver todos os atrasos aumentando mão de obra.

Decomposição conceitual do tempo de restabelecimento

```
#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;}FalhaDetecçãoDiagnósticoRecursosCorreçãoTeste funcionalDisponívelDecomposição conceitual do tempo de restabelecimento
```

Se a maior parcela está em “recursos”, a oportunidade pode estar em logística. Se está em diagnóstico, melhorar desenhos, alarmes, histórico e treinamento pode ser mais eficiente. Se está em correção, acessibilidade, modularidade ou redesign podem reduzir tempo.

Essa decomposição conecta MTTR à manutenibilidade. A NBR 5462 define manutenibilidade como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar funções requeridas, sob condições e meios prescritos.

9. O QUE É DISPONIBILIDADE

Disponibilidade responde a uma pergunta diferente: o item está apto a cumprir sua função quando requerido? Ela resulta da interação entre confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção.

A NBR 5462 define disponibilidade como a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um instante ou intervalo determinado, considerando os aspectos combinados de confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo recursos externos assegurados.

Isso significa que melhorar disponibilidade pode ocorrer por dois caminhos principais: reduzir frequência de falhas e reduzir duração da indisponibilidade. Em termos práticos, elevar MTBF e reduzir tempo de restabelecimento são estratégias complementares.

10. FÓRMULA DE DISPONIBILIDADE: QUANDO MTBF E MTTR PODEM SER USADOS

Indicador	O que representa	Forma de cálculo típica	Cuidado de interpretação
MTBF	Tempo médio entre falhas de item reparável	Tempo total de operação dividido pelo número de falhas, quando aplicável ao conjunto analisado	Não é sinônimo de vida útil e depende do critério de falha adotado
MTTR	Tempo médio de restabelecimento	Soma dos tempos de restabelecimento dividida pelo número de eventos	Precisa deixar claro se inclui espera, logística e atrasos administrativos
Disponibilidade	Capacidade de estar em condição de executar a função requerida quando necessário	$A = \text{MUT} / (\text{MUT} + \text{MDT})$; em modelos compatíveis, pode-se usar aproximação com MTBF e MTTR	A fórmula só é válida quando os tempos utilizados possuem definições coerentes
Taxa de falha	Frequência de ocorrência de falhas no intervalo considerado	Pode ser estimada a partir de dados de falha; em hipótese exponencial, $\lambda \approx 1/\text{MTBF}$	A relação inversa não deve ser generalizada fora das hipóteses do modelo

A NBR 5462 apresenta, para disponibilidade assintótica sob determinadas condições, a relação entre tempo médio de disponibilidade – MUT – e tempo médio de indisponibilidade – MDT:

$$A = \text{MUT} / (\text{MUT} + \text{MDT})$$

Em literatura e dashboards de manutenção é comum encontrar a forma simplificada:

$$A \approx \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Essa aproximação pode ser útil quando o MTBF representa adequadamente o tempo médio disponível entre falhas e o MTTR representa todo o tempo médio de indisponibilidade relevante no modelo. Porém, não deve ser aplicada automaticamente.

Se MTTR estiver medindo apenas tempo efetivo de reparo enquanto o downtime real inclui logística e espera administrativa, a fórmula produzirá disponibilidade maior do que a observada. Se MTBF for calculado por horas de operação e a disponibilidade for exigida em tempo calendário, os denominadores também podem divergir.

O princípio é simples: antes da fórmula, alinhar definições.

11. EXEMPLO DIDÁTICO DE DISPONIBILIDADE

Considere um período em que um sistema permaneceu 400 horas disponível e acumulou 10 horas de indisponibilidade relevante. A disponibilidade observada nesse recorte seria:

$$A = 400 / (400 + 10) = 0,9756 = 97,56\%$$

O gráfico abaixo representa apenas esse exemplo didático; não corresponde a dados de uma instalação real.

Exemplo didático de 400 horas disponíveis e 10 horas indisponíveis

```
#a3a-diagram-3{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-3 .edge-animation-slow{stroke-dasharray:9,5!i
mportant;stroke-dashoffset:900;animation:dash 50s linear
infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-3 .edge-animation-fast{stroke-dasharray:9,5!im
portant;stroke-dashoffset:900;animation:dash 20s linear
infinite;stroke-linecap:round;}#a3a-diagram-3 .error-icon{fill:var(--a3a-diag-canvas,
#ffffff);}#a3a-diagram-3 .error-text{fill:#000000;stroke:#000000;}#a3a-diagram-3
.edge-thickness-normal{stroke-width:1px;}#a3a-diagram-3
.edge-thickness-thick{stroke-width:3.5px;}#a3a-diagram-3
.edge-pattern-solid{stroke-dasharray:0;}#a3a-diagram-3
.edge-thickness-invisible{stroke-width:0;fill:none;}#a3a-diagram-3
.edge-pattern-dashed{stroke-dasharray:3;}#a3a-diagram-3
.edge-pattern-dotted{stroke-dasharray:2;}#a3a-diagram-3 .marker{fill:var(--a3a-diag-stroke,
#2e42a2);stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-3
.marker.cross{stroke:var(--a3a-diag-stroke, #2e42a2);}#a3a-diagram-3
svg{font-family:Roboto,sans-serif;font-size:15px;}#a3a-diagram-3
p{margin:0;}#a3a-diagram-3
.pieCircle{stroke:black;stroke-width:2px;opacity:0.7;}#a3a-diagram-3
.pieOuterCircle{stroke:black;stroke-width:2px;fill:none;}#a3a-diagram-3
.pieTitleText{text-anchor:middle;font-size:25px;fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);font-family:Roboto,sans-serif;}#a3a-diagram-3
.slice{font-family:Roboto,sans-serif;fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);font-size:17px;}#a3a-diagram-3 .legend text{fill:var(--a3a-diag-text,
#0a0a0a);font-family:Roboto,sans-serif;font-size:17px;}#a3a-diagram-3
:root{--mermaid-font-family:Roboto,sans-serif;}98%2%Distribuição do tempo no
exemploDisponível 400 h [400]Indisponível 10 h [10]Exemplo didático de 400 horas
disponíveis e 10 horas indisponíveis
```

Uma disponibilidade de 97,56% pode parecer alta ou baixa dependendo da função. Para serviço administrativo não crítico, pode ser aceitável. Para processo de missão crítica, pode representar indisponibilidade intolerável. O indicador precisa ser interpretado contra requisito de negócio e risco.

12. DISPONIBILIDADE INERENTE, ALCANÇADA E OPERACIONAL

Na Engenharia de Confiabilidade existem diferentes conceitos de disponibilidade conforme os tempos considerados. O problema aparece quando todos são chamados apenas de “disponibilidade”.

Uma análise inerente tende a olhar mais diretamente a relação entre características de falha e reparo sob condições ideais. Uma visão operacional incorpora o mundo real: logística, espera, suporte, recursos e condições de operação. A disponibilidade observada pelo usuário normalmente está mais próxima desta última.

Por isso, contratos e SLAs precisam definir claramente qual disponibilidade é medida, qual janela temporal, quais eventos são excluídos, como manutenção planejada é tratada e onde começa e termina a indisponibilidade.

13. DISPONIBILIDADE DE SISTEMAS REDUNDANTES NÃO É MÉDIA DOS COMPONENTES

Em arquiteturas redundantes, calcular a média simples dos MTBFs dos equipamentos não produz automaticamente a disponibilidade do sistema. A topologia importa.

Dois equipamentos em paralelo podem permitir continuidade com uma unidade em falha. Porém, causas comuns – mesma alimentação, mesmo ambiente, mesmo software, mesmo controlador ou mesmo barramento – podem eliminar o benefício esperado.

Análise RAM, diagramas de blocos de confiabilidade e modelos de estados são mais adequados quando a arquitetura possui redundância, standby, transferência ou dependências complexas.

14. MTBF E TAXA DE FALHA

Sob hipóteses específicas de taxa de falha constante e comportamento exponencial, a taxa de falha λ pode ser relacionada aproximadamente ao inverso do MTBF. Essa relação é útil em modelos simplificados, mas não deve ser generalizada para todos os ativos.

Ativos sujeitos a envelhecimento, desgaste ou falhas prematuras podem apresentar taxa de falha variável ao longo da vida. Nesses casos, Weibull e outros modelos podem representar melhor o comportamento.

Usar $\lambda = 1/\text{MTBF}$ sem verificar a hipótese de taxa constante pode produzir interpretações incorretas sobre risco futuro.

15. JANELA DE ANÁLISE MUDA O INDICADOR

MTBF e MTTR dependem do período escolhido. Um mês sem falhas pode gerar MTBF aparentemente excelente; uma falha rara logo após o fechamento do período altera completamente a leitura.

Séries muito curtas devem ser interpretadas com cautela, principalmente em ativos de alta confiabilidade e baixa frequência de eventos. A ausência de falhas em uma janela curta não demonstra que o risco é baixo.

É recomendável acompanhar tendência em janelas comparáveis e preservar histórico suficiente para entender sazonalidade, mudanças de regime e efeito de intervenções.

16. CENSURA E ATIVOS QUE AINDA NÃO FALHARAM

Outro problema estatístico é ignorar ativos que ainda não falharam. Se uma frota possui dez equipamentos e apenas dois falharam, calcular média apenas com os dois intervalos completos descarta informação dos oito que continuam operando.

Em análises de confiabilidade mais rigorosas, dados censurados precisam ser tratados adequadamente. Métodos de sobrevivência ou Weibull podem aproveitar essa informação sem fingir que todos os itens tiveram evento observado.

Para dashboard operacional simples, talvez não seja necessário um modelo avançado, mas a limitação deve ser conhecida antes de comparar resultados.

17. COMO ESTRUTURAR A COLETA DE DADOS

Quando MTBF e MTTR são calculados com critérios diferentes entre equipes, o dashboard aparenta precisão, mas perde valor de Engenharia. A primeira etapa é definir fronteiras, eventos, tempos e taxonomia de falhas de forma auditável.

Estruturar indicadores de confiabilidade com critérios técnicos

A qualidade do indicador nasce no registro de eventos. Cada falha deveria identificar ativo, função afetada, instante da ocorrência, instante da detecção, início da intervenção, diagnóstico, causa quando confirmada, restabelecimento, modo de falha, impacto e condição operacional.

Também é necessário registrar horas de operação ou tempo requerido. Sem denominador consistente, MTBF e disponibilidade não são comparáveis.

CMMS, sistemas supervisórios e plataformas de gestão podem automatizar parte dessa coleta, mas a taxonomia precisa ser padronizada. “Falha elétrica”, “defeito”, “parada” e “alarme” não podem representar coisas diferentes conforme o técnico que abre a ordem.

18. COMO EVITAR INDICADORES MANIPULÁVEIS

Indicadores podem melhorar sem que o sistema tenha melhorado. Excluir falhas, alterar critérios, encerrar ordem antes do restabelecimento ou registrar downtime parcial produz números melhores artificialmente.

Governança exige regras de cálculo documentadas, trilha de auditoria e consistência histórica. Mudanças metodológicas precisam ser registradas e, quando possível, séries anteriores recalculadas para preservar comparabilidade.

O objetivo deve ser aprender sobre desempenho, não defender meta.

19. COMO MELHORAR MTBF

Aumentar MTBF significa reduzir recorrência de falhas relevantes ou ampliar o tempo de operação entre elas. Isso pode exigir manutenção, mas muitas vezes exige Engenharia.

Análise de causa raiz pode eliminar recorrências. FMEA/FMECA e RCM ajudam a revisar políticas de manutenção. Monitoramento de condição pode antecipar degradação. Reliability by Design pode corrigir arquitetura, proteção, acessibilidade, ambiente ou capacidade.

Quando a causa é sistemática, a NBR 5462 observa que sua eliminação pode depender de modificação de projeto, processo, operação ou documentação. Apenas repetir corretivas não melhora estruturalmente a confiabilidade.

20. COMO REDUZIR MTTR

MTTR alto frequentemente não é um problema de velocidade do técnico. Espera por peça, diagnóstico, acesso, documentação e testes podem dominar o downtime. Decompor o restabelecimento mostra onde a intervenção realmente gera resultado.

[Revisar manutenibilidade e estratégia de manutenção](#)

Reduzir tempo de restabelecimento exige descobrir onde o tempo está sendo consumido. Sobressalentes, acesso, documentação, diagnóstico, ferramentas, permissões e testes finais podem dominar o ciclo.

Algumas melhorias são de processo: kits de manutenção, contratos, estoque, escalonamento e treinamento. Outras são de projeto: modularidade, pontos de teste, seccionamento, redundância, acesso seguro e possibilidade de substituição sem grande desmontagem.

Reduzir MTTR não significa pressionar equipes para trabalhar mais rápido. Significa remover barreiras técnicas e logísticas à recuperação segura e verificável da função.

21. O PAPEL DOS SOBRESSALENTES E DO PROCUREMENT

Um ativo pode ter excelente manutenibilidade física e ainda apresentar MTTR elevado porque a peça crítica demora semanas para chegar. Lead time e obsolescência fazem parte da capacidade real de recuperação.

A análise de criticidade deve orientar quais itens justificam estoque estratégico. Procurement pode atuar em alternativas homologadas, acordos de fornecimento, revisão de especificações e gestão de obsolescência.

Essa integração evita separar confiabilidade de suprimentos. A disponibilidade final depende dos dois.

22. MTBF E MTTR EM CONTRATOS E SLAS

Indicadores podem ser usados em contratos de manutenção, operação e fornecimento, mas precisam de definições auditáveis. Um SLA que exige “MTTR máximo” sem dizer o que inicia e encerra o relógio cria disputa.

É preciso definir fronteira, horário de cobertura, exclusões, criticidade, eventos externos, manutenção planejada, tempos de espera atribuíveis ao cliente, disponibilidade de acesso e evidência de restabelecimento.

O mesmo vale para disponibilidade. Percentual mensal, anual ou por horário requerido produz resultados diferentes. O contrato deve refletir a necessidade operacional real.

23. COMO COMBINAR MTBF, MTTR E CRITICIDADE

Dois ativos podem ter o mesmo MTBF e exigir estratégias completamente diferentes. Se um falha a cada 1.000 horas com consequência mínima e outro alimenta uma função crítica sem redundância, a prioridade não pode ser definida pelo indicador isolado.

Criticidade adiciona consequência à análise. MTBF mostra recorrência; MTTR mostra recuperação; disponibilidade mostra resultado combinado; criticidade mostra importância

para os objetivos.

Essa combinação permite priorizar ações de Engenharia com mais racionalidade.

24. COMO USAR OS INDICADORES NO PCM

PCM pode utilizar MTBF, MTTR e disponibilidade para revisar backlog, programação, periodicidades, recursos e causas de indisponibilidade. Porém, indicadores precisam gerar perguntas, não apenas metas.

Quais ativos concentram falhas? Quais demoram mais para restabelecer? Qual parcela do MTTR é logística? Qual modo de falha domina? Quais ativos críticos estão piorando? Essas perguntas conectam dashboard a ação.

Uma boa rotina de gestão seleciona poucos indicadores capazes de apoiar decisões e aprofunda o diagnóstico onde o desvio aparece.

25. COMO CONECTAR OS INDICADORES À GESTÃO DE ATIVOS

A ABNT NBR ISO 55000:2024 define desempenho como resultado mensurável e gestão de ativos como atividade coordenada para obter valor equilibrando riscos, oportunidades, custos e desempenho.

MTBF, MTTR e disponibilidade são evidências de desempenho, mas não são objetivos finais. Podem indicar necessidade de manutenção, renovação, redesign, novos sobressalentes, mudança de fornecedor ou investimento em redundância.

Quando o ativo se aproxima do fim de vida, elevar MTBF por manutenção pode deixar de ser economicamente racional. A decisão deve considerar custo do ciclo de vida e risco residual.

26. QUANDO INDICADORES APONTAM PARA PROJETO, NÃO MANUTENÇÃO

Quando o histórico mostra baixa disponibilidade por obsolescência, ausência de redundância ou falhas sistemáticas, continuar aumentando manutenção pode destruir valor. Os dados devem alimentar decisões de retrofit, renovação e ciclo de vida.

[Transformar desempenho em decisões de gestão de ativos](#)

Se falhas recorrentes decorrem de subdimensionamento, ambiente inadequado, baixa seletividade, ponto único de falha, baixa acessibilidade ou tecnologia obsoleta, a solução precisa sair da rotina de manutenção.

O histórico de MTBF e MTTR ajuda a construir business case para retrofit e renovação. A disponibilidade perdida pode ser convertida em impacto operacional. As causas recorrentes mostram onde o projeto atual limita desempenho.

Essa é uma das conexões mais importantes entre Engenharia de Manutenção e Engenharia de Projetos: usar evidência operacional para melhorar arquitetura futura.

27. QUANDO CONTRATAR APOIO ESPECIALIZADO

Apoio de Engenharia é útil quando os indicadores existentes são inconsistentes, a taxonomia de falhas precisa ser saneada, existem sistemas redundantes complexos, a organização quer estruturar RAM ou quando o histórico precisa sustentar decisões de renovação e CAPEX.

O trabalho pode envolver revisão de dados, definição de critérios, análise de confiabilidade, FMEA/FMECA, criticidade, modelagem de disponibilidade, análise de falhas e plano de melhoria.

Em instalações críticas, o objetivo não é apenas calcular MTBF e MTTR. É explicar por que a disponibilidade está abaixo do necessário e quais intervenções oferecem maior redução de risco.

28. CONSIDERAÇÕES FINAIS

MTBF, MTTR e disponibilidade são indicadores complementares. MTBF ajuda a observar recorrência de falhas; MTTR, quando definido como tempo de restabelecimento, mostra a capacidade de recuperação; disponibilidade sintetiza a aptidão do ativo ou sistema para cumprir a função requerida no tempo considerado.

O rigor está nas definições. MTBF não é vida útil, MTTR não é necessariamente tempo de reparo e a fórmula simplificada de disponibilidade só é válida quando os tempos usados são compatíveis com o modelo.

Indicadores confiáveis exigem fronteira, critérios de falha, janela temporal e taxonomia consistentes. Quando integrados à criticidade, PCM e gestão de ativos, deixam de ser números de dashboard e passam a orientar manutenção, sobressalentes, projetos, renovação e decisões sobre ciclo de vida.

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

[2] 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>).

[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 61703:2016 — Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms. Geneva: IEC, 2016. Disponível em: [IEC 61703:2016](<https://webstore.iec.ch/en/publication/22279>).

O que significa MTBF? MTBF significa Mean Time Between Failures, ou tempo médio entre falhas. Em operação, é usado para observar a recorrência de falhas relevantes em itens reparáveis, sempre dentro de critérios e período definidos. **MTBF é a vida útil do equipamento?** Não. MTBF representa média entre falhas em itens reparáveis. Vida útil descreve o período do ciclo de vida até que a intensidade de falha se torne inaceitável ou o item deixe de ser recuperável segundo os critérios adotados. **O que significa MTTR na NBR 5462?** Na ABNT NBR 5462:1994, MTTR corresponde ao tempo de restabelecimento médio, isto é, o intervalo médio entre a falha e a recolocação do item em estado de disponibilidade. **MTTR é igual ao tempo de reparo?** Não necessariamente. O restabelecimento pode incluir detecção, diagnóstico, espera por recursos, correção e verificação funcional. O tempo efetivo de reparo é apenas uma parcela possível. **Como calcular disponibilidade com MTBF e MTTR?** A fórmula $MTBF/(MTBF+MTTR)$ é uma aproximação comum quando MTBF representa o tempo disponível entre falhas e MTTR representa toda a indisponibilidade relevante do mesmo modelo. A NBR 5462 expressa disponibilidade assintótica, sob certas condições, como $MUT/(MUT+MDT)$. **Como melhorar disponibilidade?** Reduzindo frequência de falhas, reduzindo tempo de restabelecimento ou ambos. Isso pode envolver manutenção, monitoramento, sobressalentes, processo, treinamento, redundância, redesign ou renovação do ativo.

28.0.1. Serviços relacionados

28.0.2. Soluções relacionadas

28.0.3. Conteúdos principais sobre o tema

28.0.4. 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.