

PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE FALHAS



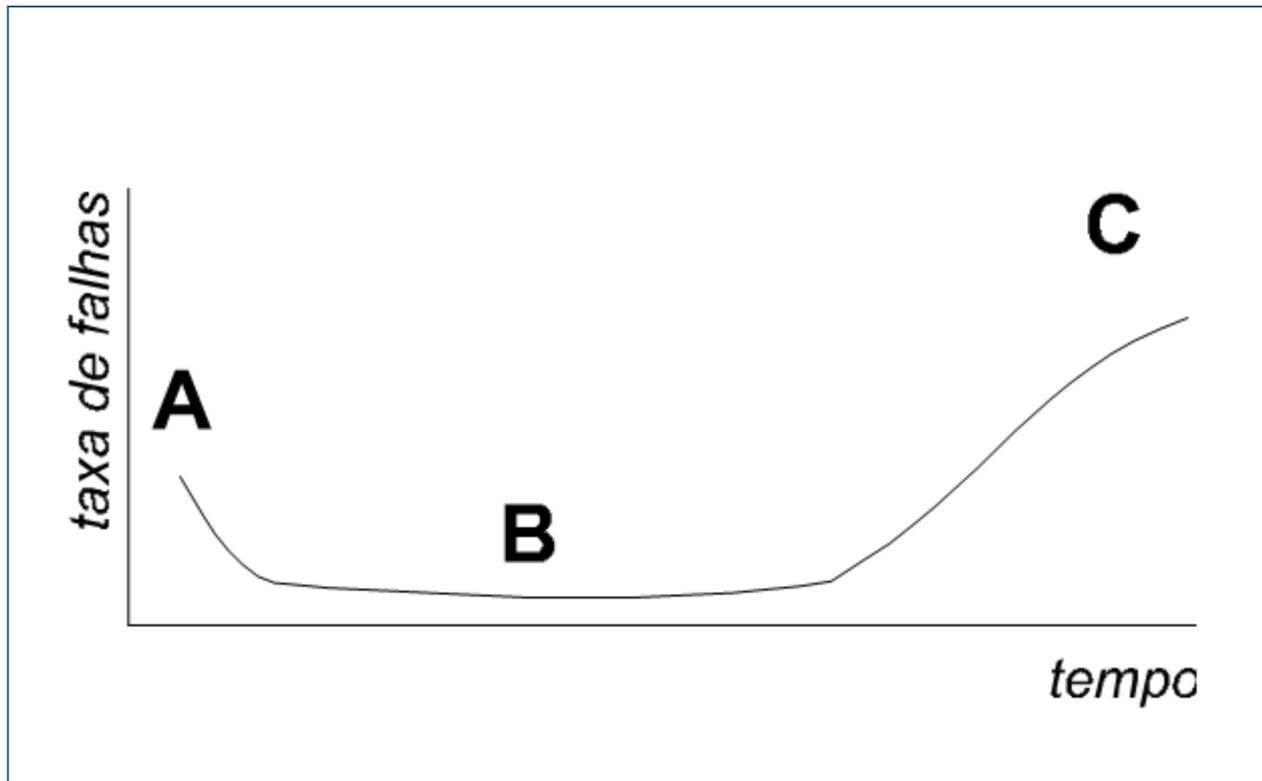
Prevenção e Recuperação de Falhas

- Por que as operações falhas?
- Como a falha é medida?
- Como falha pode ser detectada e analisada?
- Como aprimorar a confiabilidade?
- Como recuperar falhas?

Padrão Geral de Falhas

- Falha: eventos que determinam a inadequação de um recurso para o uso
- Qual evento representa a falha?
- Falha determinada por grande quantidade de fatores:
 - ▣ Deterioração dos diversos mecanismos
 - ▣ Falhas de partes componentes
 - ▣ Condições ambientais

Falha no tempo



Prevenção e Recuperação de Falhas

□ Como medir?

□ Taxa de falhas

□ Confiabilidade

Duas formas de medir tendência de falha

□ Disponibilidade

Medida das consequências da falha

Taxa de Falhas

Em porcentagem

$$TF = \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Número Total de Produtos Testados}} \times 100$$

No tempo

$$TF = \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Tempo de Operação}}$$

Exercício

- Um lote de 50 componentes eletrônicos é testado durante 2000 horas. Quatro dos componentes falham durante o teste, como segue. Calcule a Taxa de falhas como porcentagem e em tempo.
 - Falha 1 ocorreu após 1.200 horas
 - Falha 2 ocorreu após 1.450 horas
 - Falha 3 ocorreu após 1.720 horas
 - Falha 4 ocorreu após 1.905 horas

Exercício

- Suponha que 100 lâmpadas tenham sido testadas em condições estabelecidas durante 1000 horas e que os resultados do teste sejam os apresentados no quadro. Qual a taxa de falha?

Quantidade de Falhas	Tempo da falha (horas de teste)
1	100
1	210
1	320
1	440
1	560
1	670
1	780
1	920

Exercício

- Quero fazer um plano de manutenção de um galpão iluminado por 50 dessas lâmpadas durante 10 horas por dia. Considere que ocorre o nível de falha (nível mínimo aceitável de iluminação) quando 10% do total de lâmpadas tiverem falhado. Que período deveríamos prever para uma manutenção periódica?

Taxa de Falhas e Tempo Médio entre Falhas

- Quantidade de falhas ocorridas em determinado período de tempo de operação – taxa de falhas

$$TF = \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Tempo de Operação}}$$

$$TMEF = \frac{1}{T_f}$$

Exercício

- No exercício anterior sobre componentes eletrônicos, a taxa de falhas (em tempo) era de 0,000041. Qual o tempo médio entre falhas?

Prevenção e Recuperação de Falhas

□ Como medir?

□ Taxa de falhas

□ **Confiabilidade**

Duas formas de medir tendência de falha

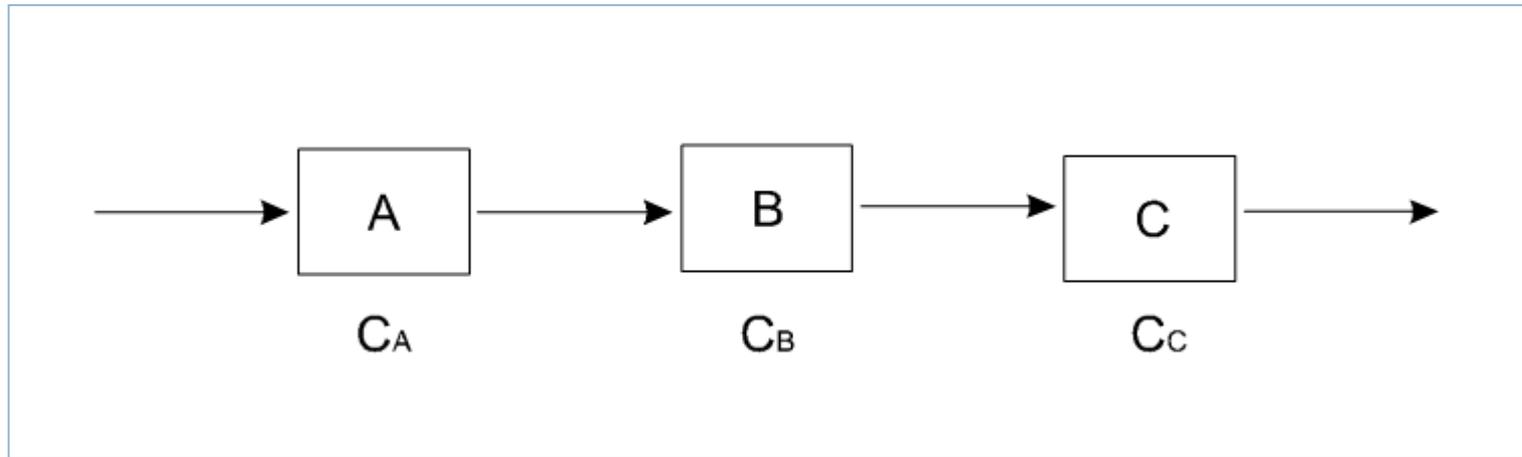
□ Disponibilidade

Medida das consequências da falha

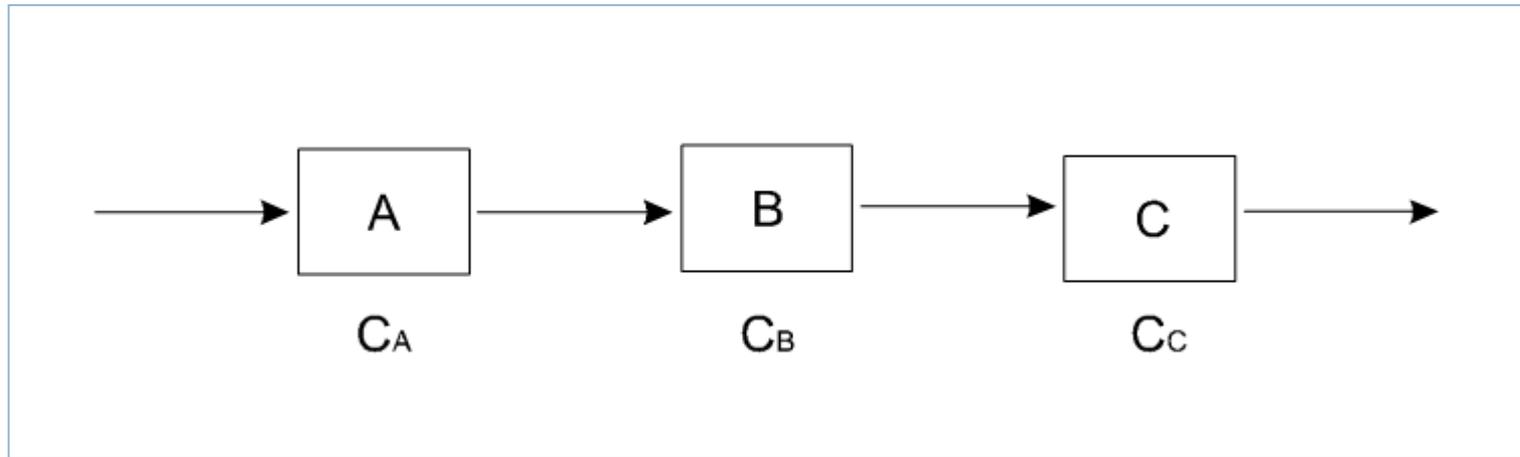
Confiabilidade

- Mede a habilidade de um sistema, produto ou serviço trabalhar como esperado durante certo intervalo de tempo
 - ▣ Se componentes forem interdependentes, falha de um provoca colapso no sistema

Série e Confiabilidade



Série e Confiabilidade



$$C_{A+B+C} = C_A \cdot C_B \cdot C_C$$

Exercício

- Uma máquina automática de produção de pizza tem cinco componentes principais, com confiabilidades individuais (probabilidade de não falhar). Qual a confiabilidade do sistema?

Componentes	Confiabilidade
Misturador de massa	0,95
Rolo e cortador de massa	0,99
Aplicador de massa de tomate	0,97
Aplicador de queijo	0,90
Forno	0,98

Confiabilidade

O fabricante colocou uma amostra de 50 aparelhos em funcionamento sobre uma bancada de teste. A cada ocorrência de falha em uma das unidades, o tempo era registrado e a unidade reparada. O teste prosseguiu até completar 1000 horas. Os resultados estão no quadro a seguir. Qual a Taxa de Falha Média? Qual a Taxa de Falha Média em 50 horas? Qual a confiabilidade do processo? Qual a confiabilidade do processo em 100 horas? E para 1000 horas?

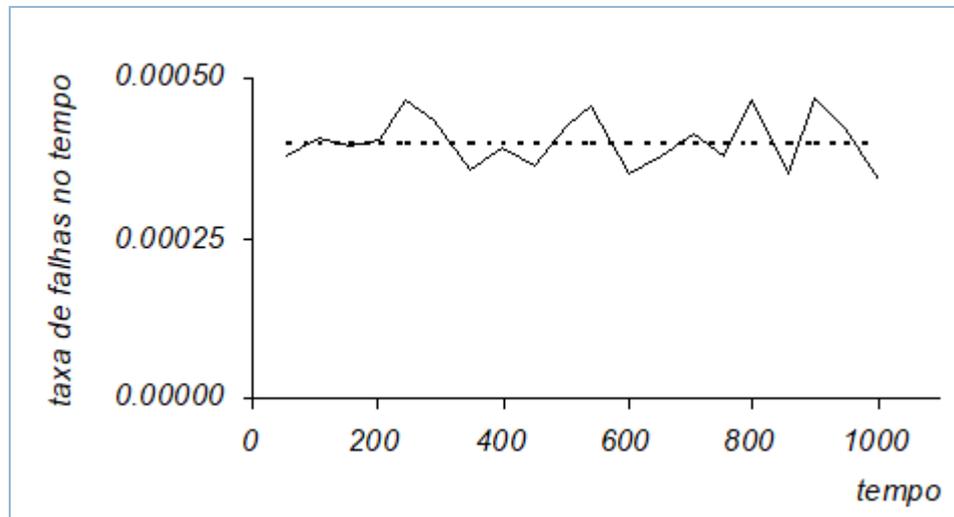
53	290	543	798
101	346	600	855
152	398	653	897
201	453	702	944
244	499	755	1.002

Tempo de ocorrência das falhas (em horas)

Tempo de ocorrência das falhas (em horas)

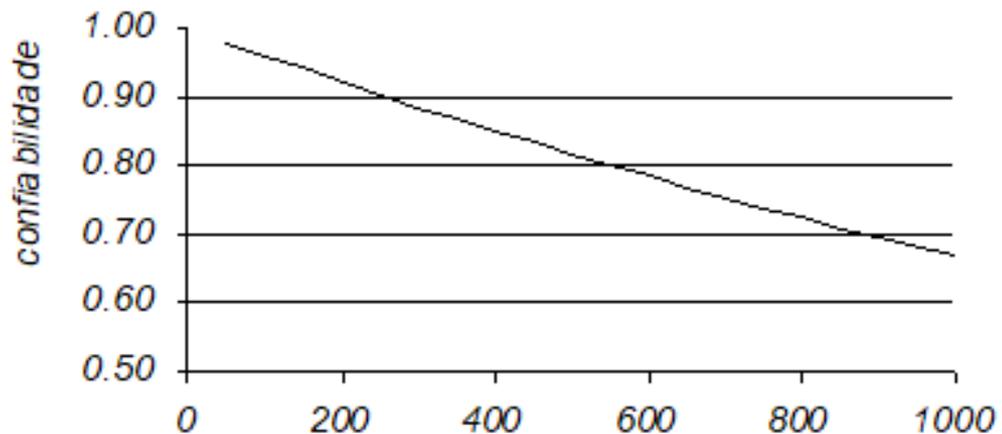
53	290	543	798
101	346	600	855
152	398	653	897
201	453	702	944
244	499	755	1.002

Comportamento da Taxa de falhas em Função do Tempo

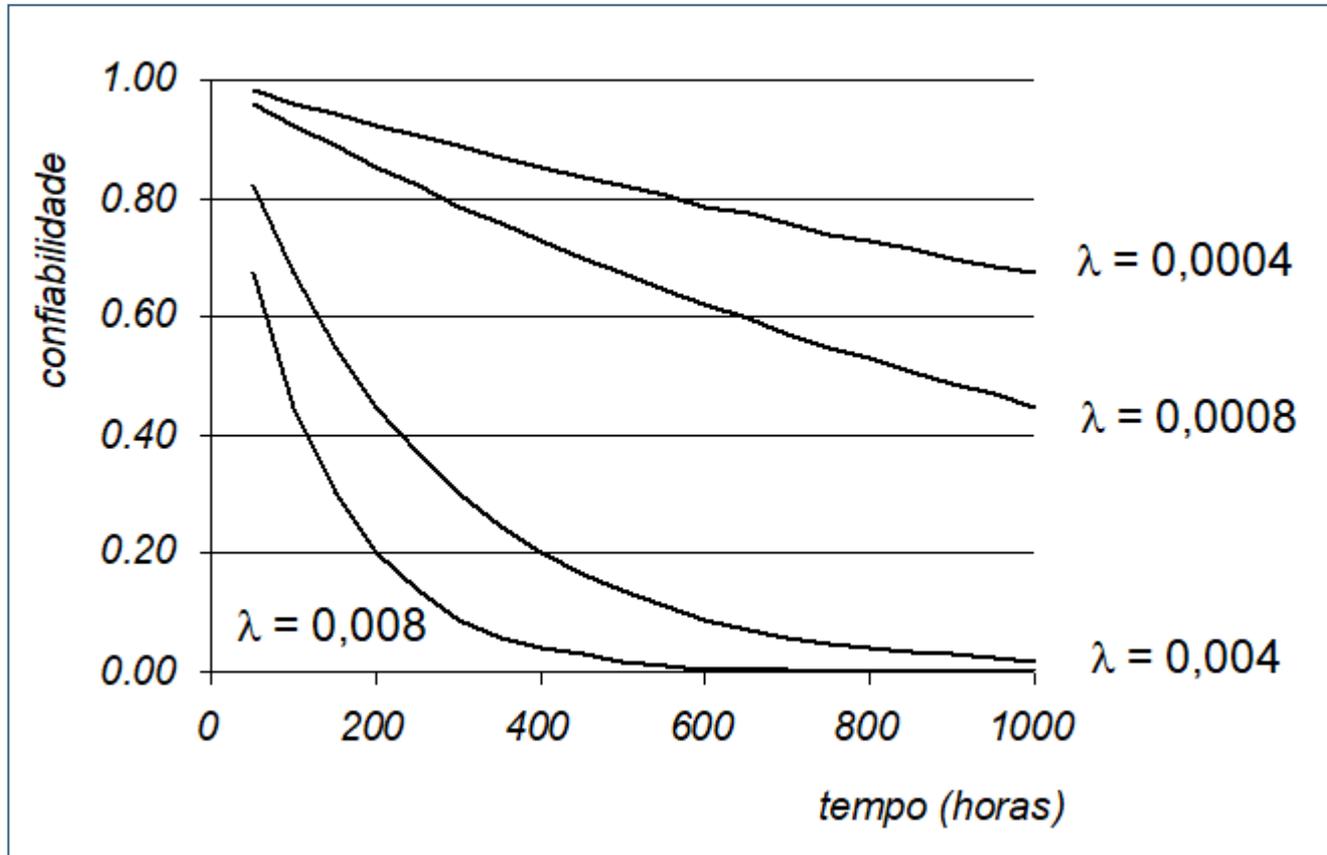


Confiabilidade Estimada Período a Período

Período	Tempo	Confiabilidade	Período	Tempo	Confiabilidade
1	50	0.9800	11	550	0.8007
2	100	0.9604	12	600	0.7847
3	150	0.9412	13	650	0.7690
4	200	0.9224	14	700	0.7536
5	250	0.9039	15	750	0.7386
6	300	0.8858	16	800	0.7238
7	350	0.8681	17	850	0.7093
8	400	0.8508	18	900	0.6951
9	450	0.8337	19	950	0.6812
10	500	0.8171	20	1000	0.6676



Comportamento das Curvas de Confiabilidade em função das taxas de falhas

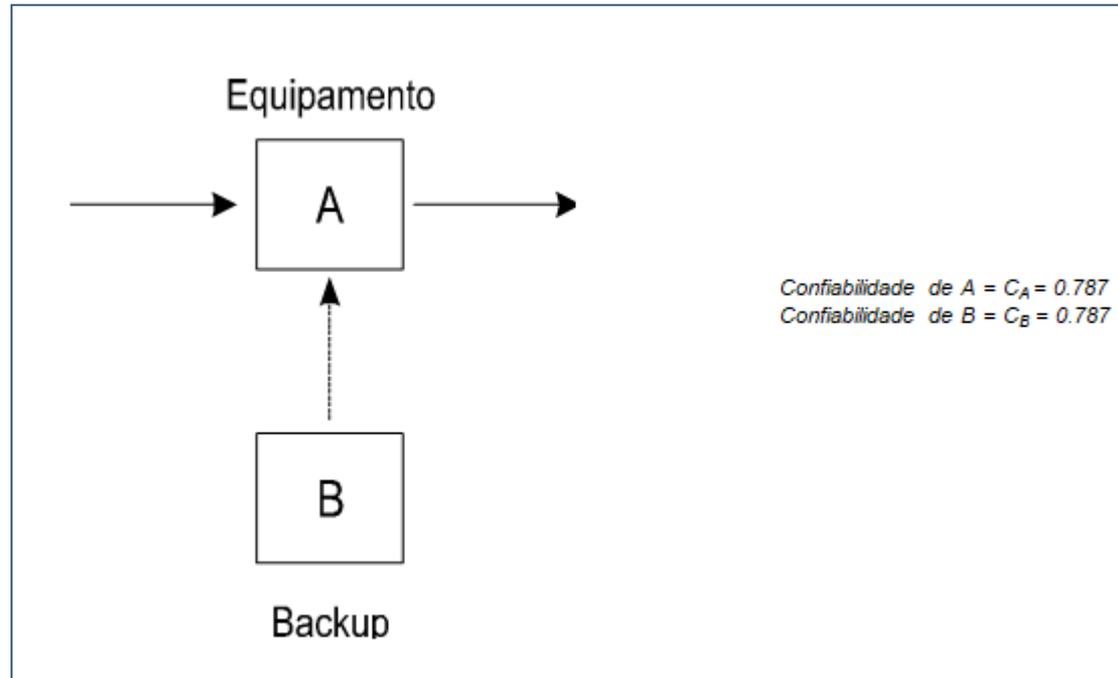


Exercícios

- Experiências anteriores mostram que um equipamento de refrigeração tem um TMEF de 250 horas. Qual é a confiabilidade que ele cumpra uma missão de 60 horas sem falhas?
- Com os dados do exemplo anterior, qual deveria ser o TMEF para que a missão fosse cumprida com 95% de confiabilidade?

Redundância e Confiabilidade

- Tática de utilizar um segundo equipamento (*backup*) para entrar em operação na ocorrência de falha do primeiro



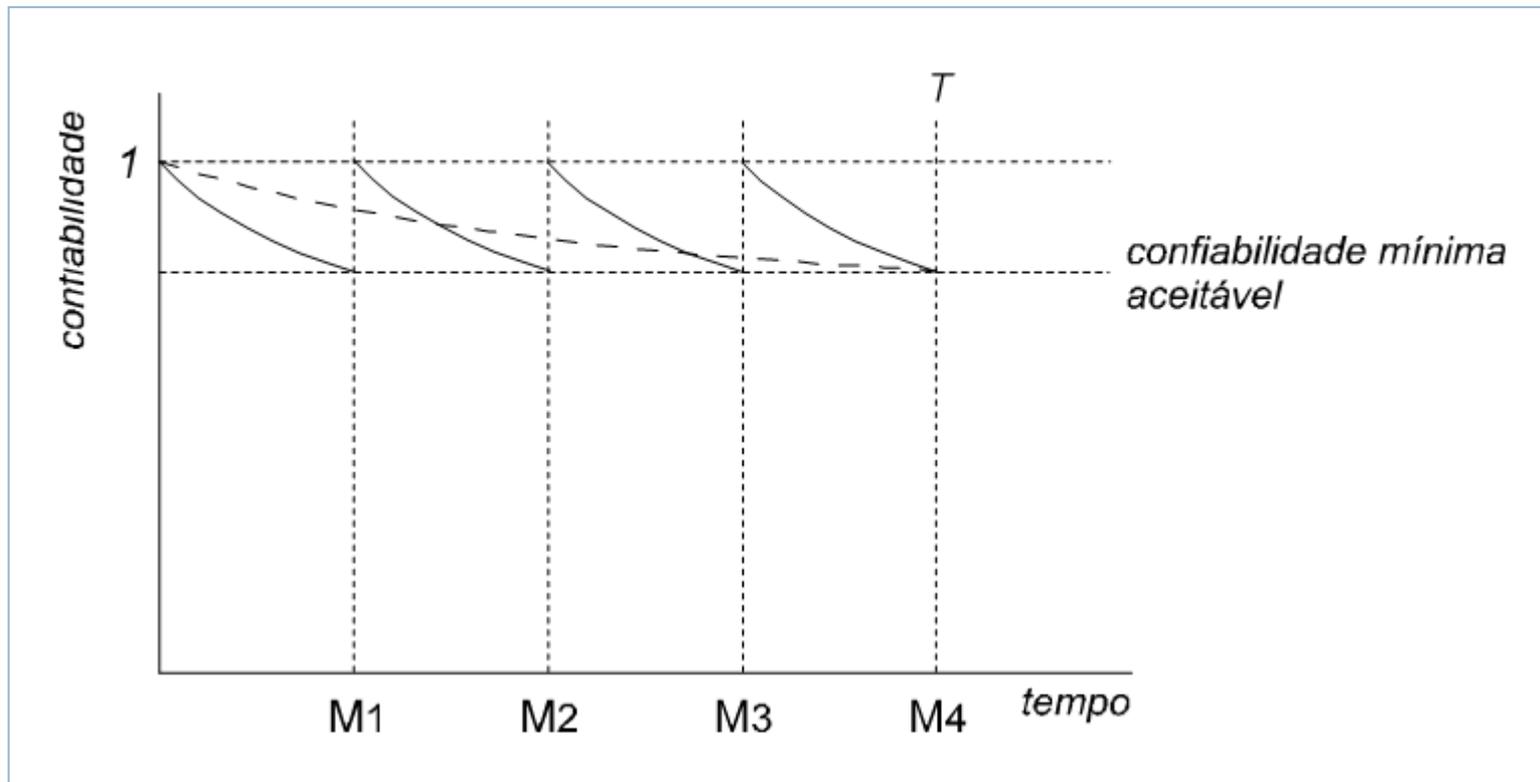
Exercício

- O fabricante de alimentos do exemplo anterior decidiu que o aplicador de queijo na máquina de fabricação de pizza é pouco confiável e é necessário adaptar na máquina um segundo aplicador que entrará em ação se o primeiro falhar. Os dois aplicadores de queijo (cada um com confiabilidade de 90%), trabalhando juntos terão qual confiabilidade?

Redundância e Confiabilidade

$$C_{A e B} = [P_{A \text{ funcionar}}] + [P_{B \text{ funcionar}}] X [P_{A \text{ falhar}}]$$

Confiabilidade Média Resultante



Prevenção e Recuperação de Falhas

□ Como medir?

□ Taxa de falhas

□ Confiabilidade

Duas formas de medir tendência de falha

□ **Disponibilidade**

Medida das consequências da falha

Disponibilidade de Recursos (D)

$$D = \frac{\textit{Tempo}_{\textit{disponível}}}{\textit{Tempo}_{\textit{total}}}$$

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

TMEF = Tempo Médio entre Falhas

TMPR = Tempo Médio de Reparação

Tempo Total = TMEF + TMPR

Aumentando Disponibilidade de Recursos

- Objetivo é maximizar a disponibilidade do recurso
- Nem todos os recursos tem igual relevância
- Recursos gargalos determinam a utilização dos não gargalos

Tempo Médio de Reparação (TMRP)

- Tempo médio consumido na reparação de uma falha ou manutenção preventiva.
- Pode ou não reduzir disponibilidade do recurso



Utilização de Recursos



GARGALO

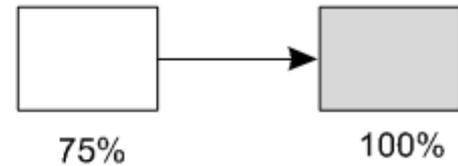
disponibilidade = 200 h/mês
demanda = 200 h/mês



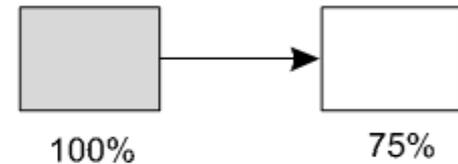
NÃO-GARGALO

disponibilidade = 200 h/mês
demanda = 150 h/mês

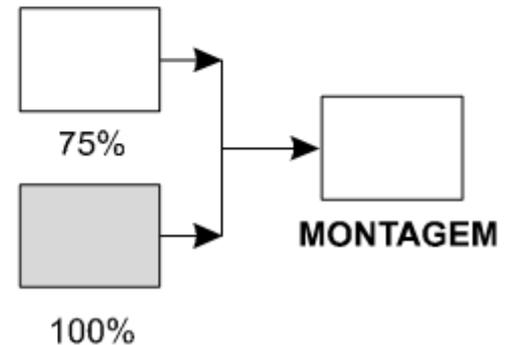
Caso 1:
Não-gargalo alimenta
um gargalo



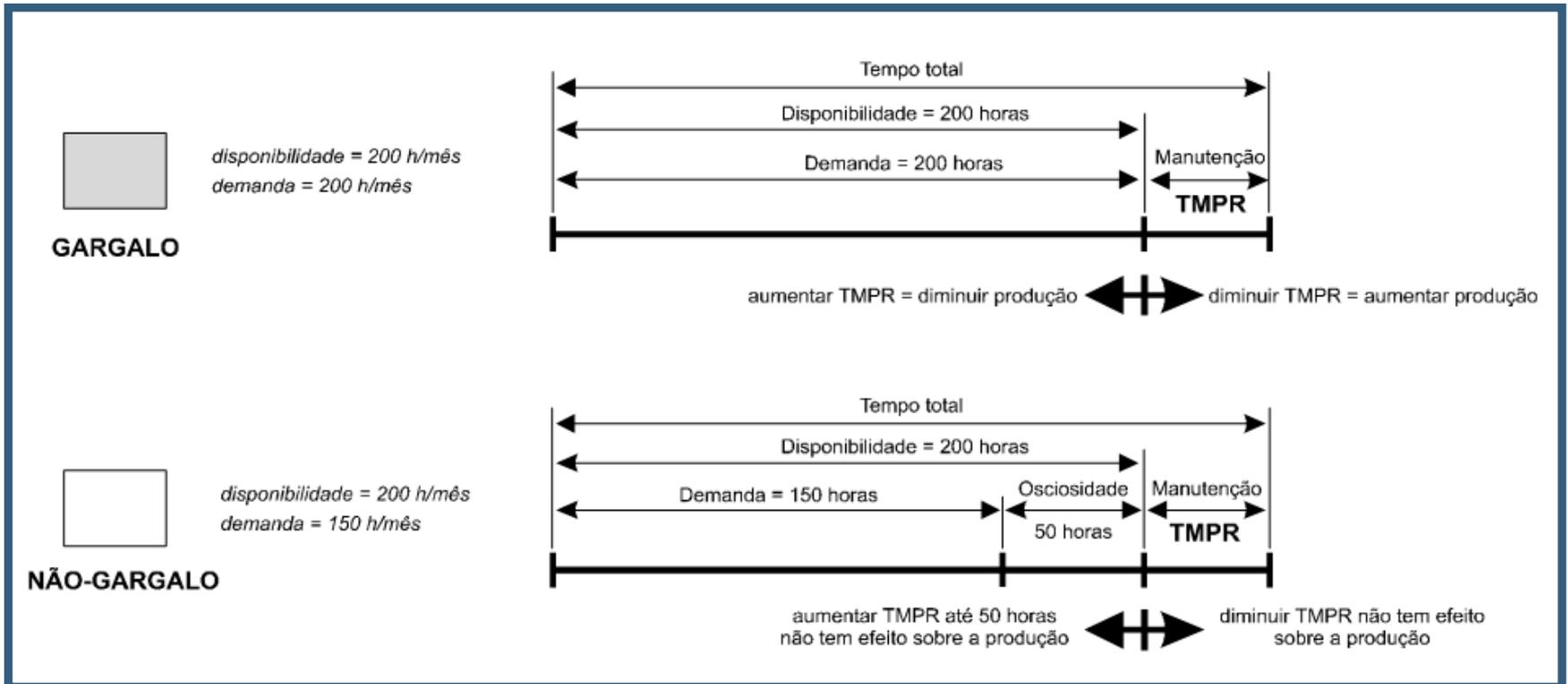
Caso 2:
Gargalo alimenta
um não-gargalo



Caso 3:
Um gargalo e um
não-gargalo alimentam
uma montagem



Variações no TMR em gargalos e não gargalos



Exercício

- Uma empresa que concebe e produz cartazes para exposições e eventos compete fortemente com base em sua rapidez de entrega. Uma peça específica do equipamento que a empresa usa está causando problemas. É sua impressora colorida a laser. O tempo médio entre falhas da impressora é de 70 horas e o tempo médio para consertá-la é de 6 horas. Quanto tempo está disponível? O fornecedor da impressora ofereceu duas alternativas para a empresa: adquirir serviço de manutenção preventiva realizado nos finais de semana (aumentaria a TMEF para 90 horas), ou contratar serviço de reparos mais rápidos (reduziria a TMDR para 4 horas). Qual seria melhor para a empresa?

Prevenção e Recuperação de falhas

- Atividades que tem como objetivo manter os recursos físicos operacionais prontos para o uso quando necessários.
 - ▣ Descobrir o que está errado e por quê
 - ▣ Melhorar capacidade e velocidade de recuperação
 - ▣ Melhorar a confiabilidade do sistema

Atacando as Falhas

- ❑ Priorizar as de maior potencial na operação
- ❑ Buscar causas raízes das falhas
- ❑ Identificar ações de melhoramento
- ❑ Planejar, programar e executar ações de melhoramento
- ❑ Estabelecer indicadores
- ❑ Registrar e acompanhar resultados
- ❑ Corrigir ações e procedimentos

FMECA — Failure Mode and Effect Analysis

(Análise de Modos e Efeitos de Falha)

Etapa Inicial:

- O que poderia dar errado?
- Qual o efeito que teria essa falha?
- Quais são as principais causas dessa falha?

FMECA — Failure Mode and Effect Analysis

(Análise de Modos e Efeitos de Falha)

Etapa Avaliação:

- Qual a gravidade do efeito da falha?
- Qual a probabilidade dessa falha ocorrer?
- Qual a probabilidade de a falha ser detectada?

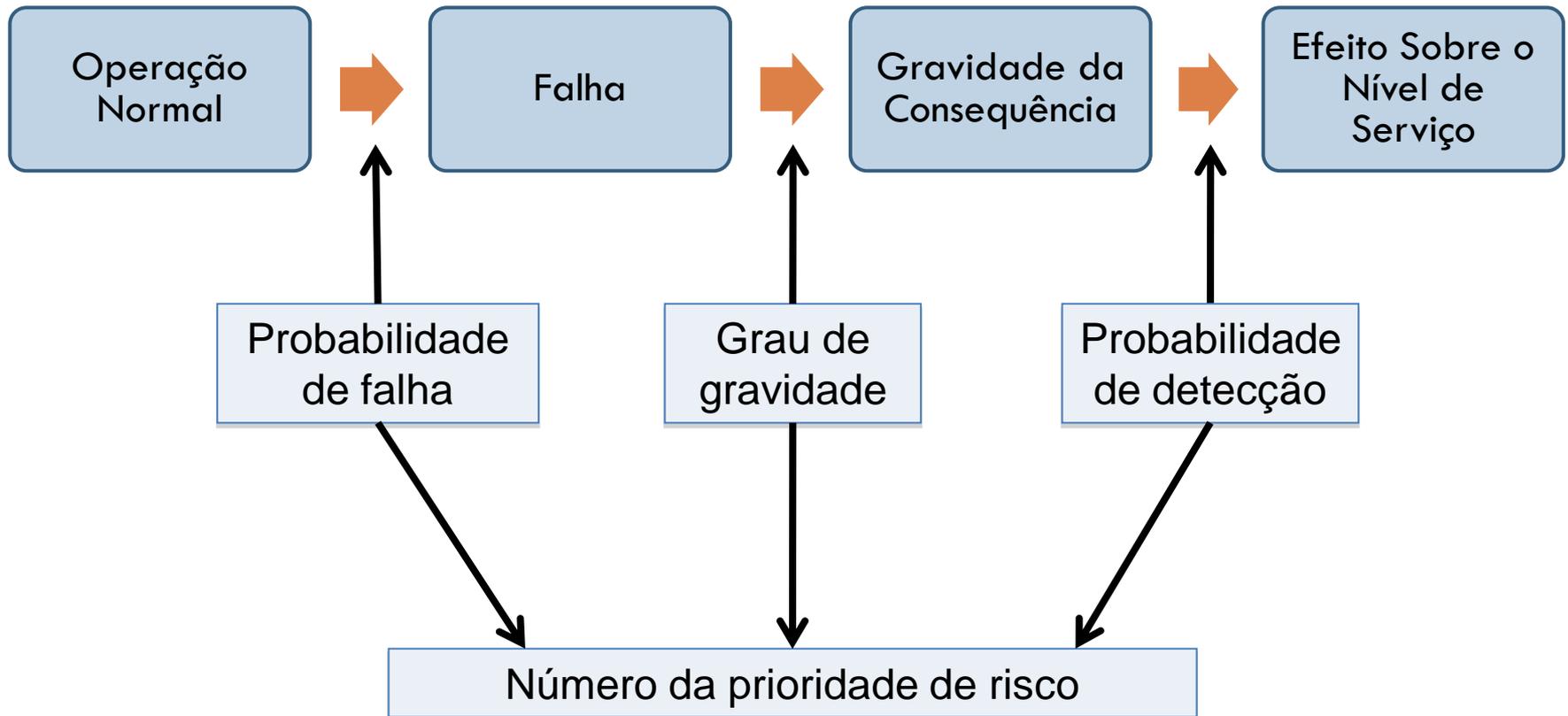
FMECA – Failure Mode and Effect Analysis

(Análise de Modos e Efeitos de Falha)

<p style="text-align: center;">FMECA ANÁLISE DE MODO, EFEITO E CRITICIDADE DE FALHAS</p> <p> <input type="checkbox"/> PROJETO IDENTIFICAÇÃO: _____ DATA: _____ <input type="checkbox"/> PROCESSO IDENTIFICAÇÃO: _____ ÁREA: _____ TÍTULO: _____ RESPONSÁVEL: _____ </p>																	
ESCOPO		ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL				ATUAL				PLANO DE AÇÕES				MELHORADO			
COMPONENTE / SISTEMA	MODO DE FALHA	EFEITO DO MODO DE FALHA	CAUSA DO MODO DE FALHA	CONTROLE PREVISTO	SEVERIDADE	FREQUÊNCIA	DETECÇÃO	RISCO	AÇÃO CORRETIVA RECOMENDADA	RESPONSÁVEL	DATA PREVISTA	DATA REALIZADA	FREQUÊNCIA	SEVERIDADE	DETECÇÃO	RISCO	
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	

FMECA — Failure Mode and Effect Analysis

(Análise de Modos e Efeitos de Falha)



Autocontrole

- ○ funcionário deve saber:
 - ▣ ○ que deve ser feito, o que se espera do seu trabalho - devem existir procedimentos explícitos, claros, à prova de má-interpretação e, quando aplicável, estar disponíveis no posto de trabalho;
 - ▣ ○ que (e como) o trabalho está sendo feito - instrumentos de verificação ou outras formas de permitir que avalie continuamente o resultado do seu trabalho deverão estar presentes;
 - ▣ Que conduta seguir caso constatar que o resultado do trabalho executado não corresponde ao que é esperado – receber *feedback*, ter acesso e domínio de mecanismos que permitam que mude a forma como está fazendo e corrija as discrepâncias verificadas.

Tipos de manutenção

- Abordagem diante da falha
 - ▣ Corretiva: atua depois da falha
 - ▣ Preventiva: elimina ou reduz a probabilidade de falhas
 - ▣ Preditiva: procura se antecipar às falhas, agindo de acordo com a necessidade

Prevenção e Recuperação de Falhas

- Por que as operações falhas?
- Como a falha é medida?
- Como falha pode ser detectada e analisada?
- Como aprimorar a confiabilidade?
- Como recuperar falhas?

Manutenção Produtiva Total (TPM)

- Melhorar eficiência dos recursos físicos
 - ▣ OEE (*Overall Equipment Efficiency*): leva em conta todos os impactos gerados na operação decorrentes de falhas

$$OEE = ID \times IP \times IQ$$

Índice de Disponibilidade ID

$$= \frac{\text{Tempo de produção planejado} - \text{Tempo de paradas não planejadas}}{\text{Tempo de produção planejado}}$$

Índice de Performance IP

$$= \frac{\text{Tempo de ciclo unitário} \times \text{Quantidade de produtos processados}}{\text{Tempo em produção}}$$

Índice de Qualidade IQ

$$= \frac{\text{Quantidade de produtos processados} - \text{Quantidade de refugos}}{\text{Quantidade de Produtos Processados}}$$