

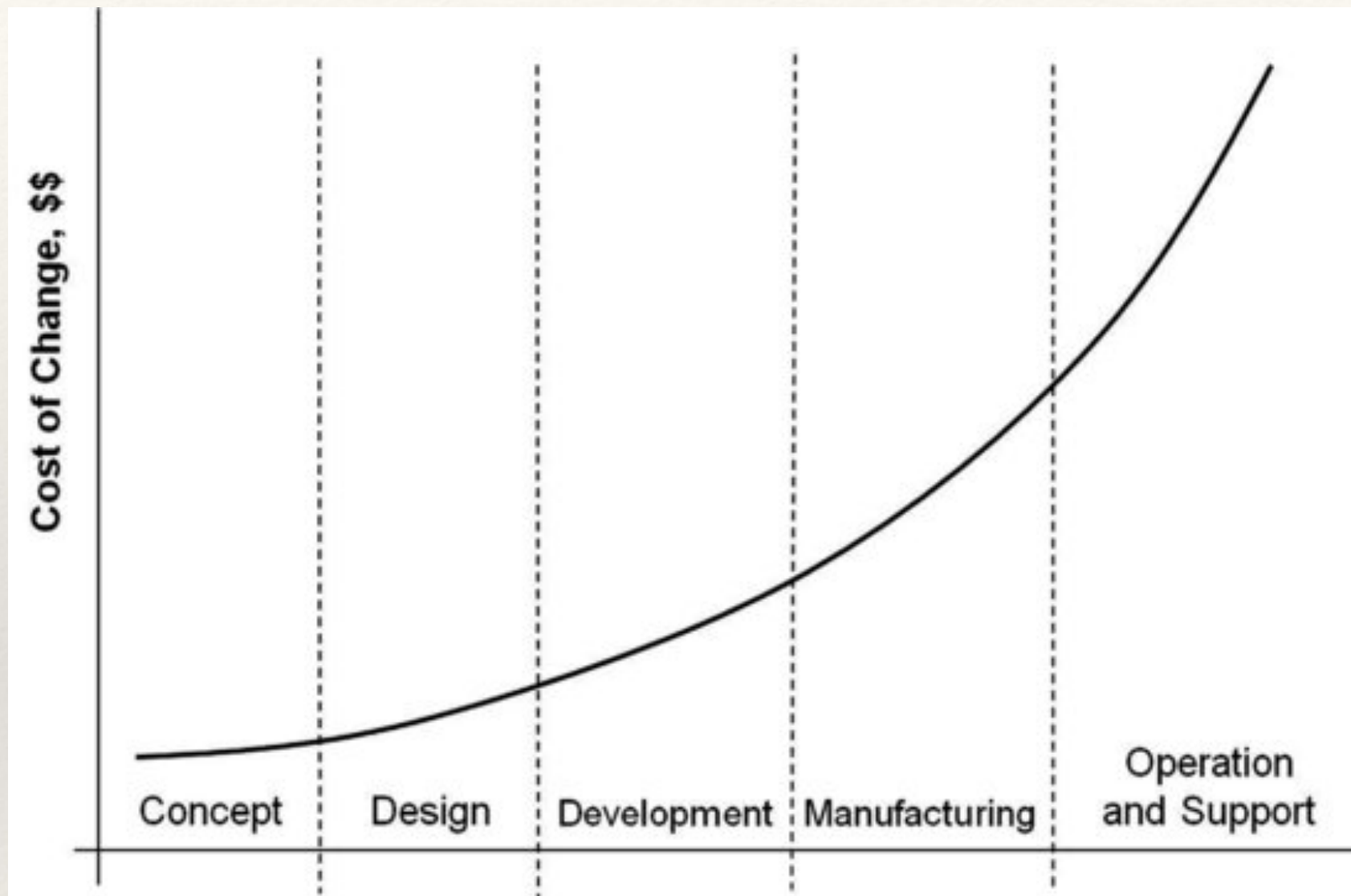
Prof. Eduardo Gontijo Carrano - DEE/EE/UFGM

Confiabilidade de Sistemas

Confiabilidade em Projetos

Introdução

- ❖ O projeto do produto é determinante para sua confiabilidade.
- ❖ Deficiências de projeto afetam todos os itens produzidos e se tornam progressivamente mais caras de serem corrigidas.
- ❖ O custo de uma mudança de projeto aumenta drasticamente ao longo ciclo de desenvolvimento do produto.



- ❖ Se torna essencial adotar procedimentos durante o projeto que minimizem a probabilidade de falhas no produto e permitam identificar falhas o mais cedo possível.
- ❖ Procedimentos recomendáveis para um projeto "livre de falhas":
 - ❖ escolha adequada das margens de segurança.
 - ❖ proteção contra eventos de carga extremos.
 - ❖ proteção contra degradação por força.
- ❖ Devem também ser levados em conta todos os outros aspectos que possam afetar a confiabilidade do produto.

- ❖ O projetista deve estabelecer procedimentos que garantam um projeto "livre de falhas". Também é necessário fazer com que desvios com relação a estes procedimentos sejam facilmente detectados.
- ❖ **OBJETIVO:**
 - ❖ Desenvolver um projeto em que o produto não irá falhar se ele for produzido e utilizado conforme especificado.

Paradigmas de Projeto

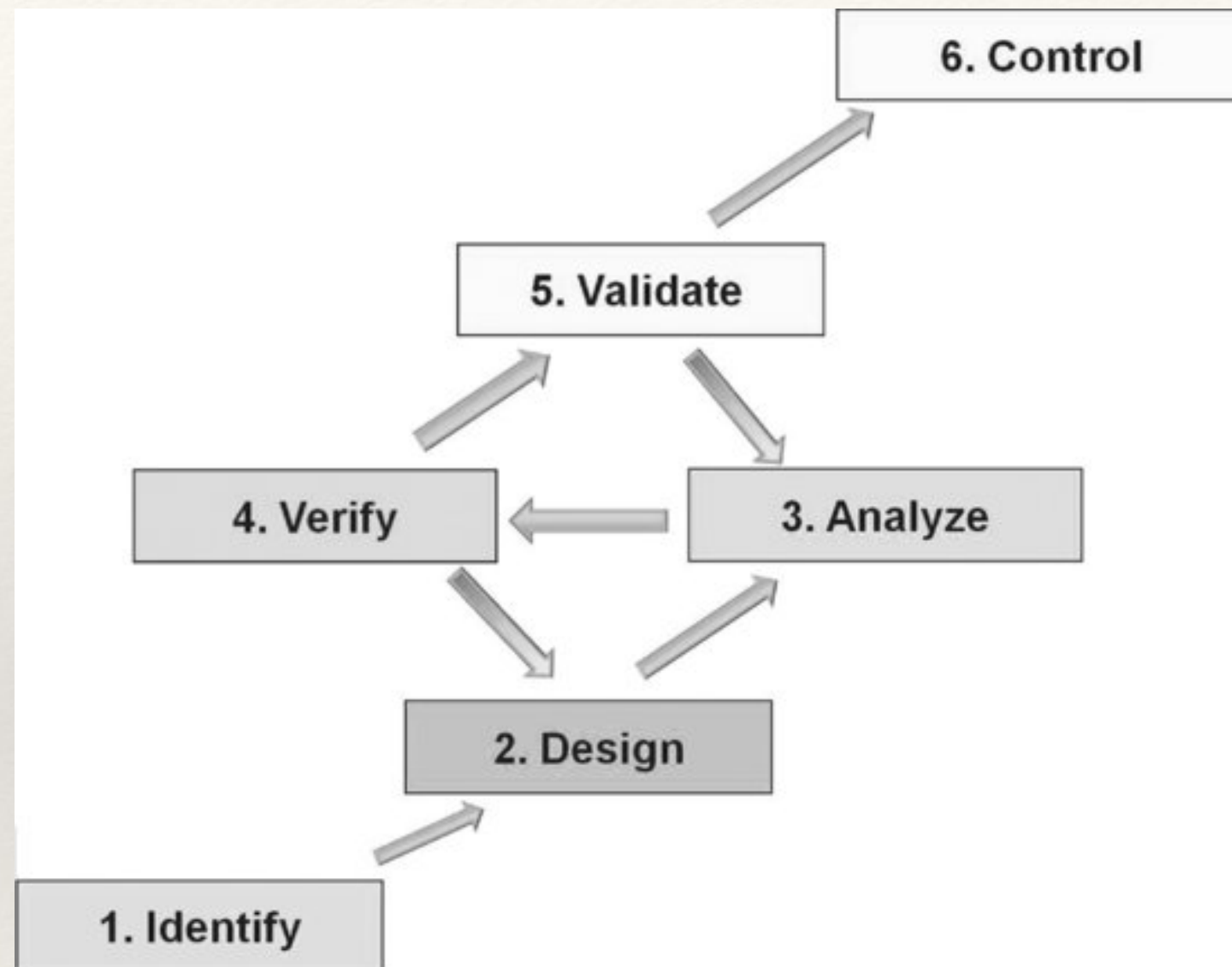
- ❖ TAAF: test-analyze-and-fix.
- ❖ DfR: design for reliability.

TAAF

- ❖ Consiste em desenvolver o projeto e, uma vez desenvolvido, detectar e corrigir as falhas de confiabilidade.
 - ❖ Processo iterativo.
- ❖ Paradigma antigo de projeto.
- ❖ Inviável devido a uma série de necessidades:
 - ❖ redução de custos de planejamento e produção;
 - ❖ redução de custos relacionados a garantia;
 - ❖ redução dos ciclos de desenvolvimento dos produtos, etc.

DfR

- ❖ A confiabilidade deve ser um aspecto determinante no desenvolvimento do projeto.
- ❖ Devem ser utilizados todos os recursos científicos disponíveis para estimar a confiabilidade do produto ainda em sua concepção.
- ❖ Depende de forte interação entre o engenheiro de confiabilidade e a equipe de projeto.



- ❖ A implementação do DfR é, em geral, complexa e cara:
- ❖ Em geral os estudos realizados no DfR levam a conclusão que a maior parte dos aspectos de projeto são satisfatórios.
- ❖ No entanto a identificação ainda que de poucas deficiências pode levar a reduções consideráveis no tempo e recursos dedicados ao projeto.
- ❖ Em geral o DfR é economicamente viável.

Identificação (Identify)

- ❖ Entendimento dos requisitos do sistema.
- ❖ Tempo de vida de 10 anos ou 200.000km:
 - ❖ Como isso se traduz em termos de confiabilidade?
- ❖ Os requisitos de confiabilidade podem ser definidos pelo cliente, pelo fabricante ou pelas práticas de mercado.
- ❖ O requisito de confiabilidade do sistema devem ser utilizados para inferir a confiabilidade das partes que o compõem.

- ❖ Devem ser coletadas informações sobre as condições de uso esperadas para o sistema.
- ❖ Várias análises podem ser realizadas para se avaliar a viabilidade do projeto:
 - ❖ comparação com concorrentes de mercado (*benchmarking*).
 - ❖ estimativa do custo da confiabilidade.
 - ❖ avaliação de risco, etc.

- ❖ *Benchmarking:*

- ❖ O “melhor da classe” deve ser utilizado como referência.

- ❖ *Ambiente:*

- ❖ Aspectos como temperatura, vibração, choque, humidade, pressão, corrosão, interferência eletromagnética, etc devem ser levados em conta.
- ❖ Em geral, leva a um guia de manuseio, armazenagem, transporte, operação e manutenção.

- ❖ Variação de condições de uso:
 - ❖ As condições de uso podem variar consideravelmente de usuário para usuário.
 - ❖ Exemplos: uso de celular, carro, computador, etc.
- ❖ Essas variações geram diferentes relações de carga \times resistência.
- ❖ Essa variação de uso deve ser levada em conta no projeto, tendo em vista o nível de confiabilidade desejável.

Projeto (Design)

- ❖ Início das atividades de projeto:
 - ❖ layout de circuitos.
 - ❖ desenhos mecânicos.
 - ❖ seleção de componentes e fornecedores, etc.
- ❖ Uma estimativa inicial da confiabilidade pode ser iniciada após a escolha dos fornecedores.

❖ **Computer-Aided Engineering (CAE):**

- ❖ Pacotes de software devem ser utilizados para tornar o processo de planejamento mais eficiente, robusto e rápido.
- ❖ Vários pacotes permitem o desenvolvimento do projeto, adaptação e validação na "tela do computador".
- ❖ Em geral é possível simular condições extremas e de falha no sistema.
- ❖ Limitações: modelos aproximados das partes, capacidade de simulação reduzida do uso e do ambiente, não consideração de interações físicas reais, etc.

Análise de Modos de Falha, Criticalidade e Efeitos (FMECA):

- ❖ Uma das técnicas mais eficientes e utilizadas de análise de confiabilidade em projetos.
- ❖ Deve ser considerado cada modo de falha de cada componente em um sistema para se inferir sobre os efeitos de cada falta na operação do sistema como um todo.
- ❖ Os efeitos das faltas podem ser considerados em mais de um nível.
- ❖ Os modos de falha são classificados conforme a severidade dos seus efeitos.

- ❖ Abordagem de hardware: os modos de falha são modelados a nível de hardware (resistor aberto, diodo em curto, etc).
- ❖ Abordagem funcional: o efeito funcional da falha é modelado (sem sinal de realimentação, perda de memória, etc).
- ❖ Viável quando os componentes de hardware não podem ser definidos de forma única.
- ❖ As duas abordagens podem ser combinadas.

[illegible]

- ❖ RPN - *Risk Priority Number*
- ❖ $RPN = Severidade \times Ocorrência \times Detecção$
- ❖ Severidade: severidade de cada efeito da falha (de 1, menos severa, a 10, mais severa).
- ❖ Ocorrência: possibilidade de ocorrência da falha (de 1, menos provável, a 10, mais provável).
- ❖ Detecção: possibilidade de detecção do problema antes que ele atinja o usuário (de 1, mais provável, a 10, menos provável).

Aplicações do FMECA:

- ❖ Identificar características que devem ser incluídas nos programas de teste.
- ❖ Preparar rotinas de diagnóstico.
- ❖ Avaliar os requisitos de manutenção preventiva.
- ❖ Analisar a "testabilidade" do sistema.
- ❖ Desenvolver software de teste automático e diagnóstico.
- ❖ Identificar falhas decorrentes de vícios de produção (ex. inversão da polarização dos diodos).
- ❖ Estimar a confiabilidade do sistema (estimativa de pior caso).

Análise carga-resistência:

- ❖ A análise carga-resistência também pode ser utilizada como parte do DfR.
- ❖ Possíveis estudos:
 - ❖ Determinar o pior caso mais provável e padrões de variação de resistência e carga.
 - ❖ Avaliar a margem de segurança da confiabilidade intrínseca.
 - ❖ Determinar método de proteção.
 - ❖ Identificar e analisar modos de degradação por esforço.
 - ❖ Identificar estratégias de correção e controle.

Confiabilidade do ser humano:

- ❖ Falhas humanas podem levar a falhas no sistema.
- ❖ Técnicas como o FMECA e FTA (*Fault Tree Analysis*) podem incorporar falhas humanas nas análises.
- ❖ A modelagem do comportamento humano é "extremamente complexa e não paramétrica":
 - ❖ Aspectos como motivação, confiança, estado psicológico, estado fisiológico e condições de trabalho afetam consideravelmente o desempenho do indivíduo.

Análise (Analyse)

- ❖ Após o primeiro esboço do projeto ser torna possível tratar as potenciais fontes de falhas.
- ❖ Várias técnicas podem ser utilizadas:
 - ❖ predição da confiabilidade;
 - ❖ planejamento de experimentos;
 - ❖ prova de conceito;
 - ❖ unidade de desenvolvimento, etc.

Retorno de campo e garantia:

- ❖ O retorno de campo e as chamadas de garantia podem ser úteis quando o produto projetado não apresenta grandes diferenças do anterior.
- ❖ As falhas dos componentes devem ser analisadas para se verificar as possíveis causas:
 - ❖ problemas de fabricação, corrosão, mal uso, etc.

Verificação (Verify)

- ❖ A verificação do projeto é realizada com base em um protótipo (em hardware).
- ❖ As atividades de verificação incluem:
 - ❖ teste acelerado de vida (ALT).
 - ❖ análise de dados de vida (LDA).
 - ❖ análise de degradação.
- ❖ Uma vez detectado um problema, a causa da falha deve ser analisada.
 - ❖ i.e. diagramas de Ishikawa.

Validação (Validate)

- ❖ O significado do termo pode variar de área para área.
- ❖ Em Engenharia de Sistemas a validação está relacionada a garantir que o sistema atende todos os requisitos e especificações estabelecidos.
- ❖ É feita no sistema completamente funcional.
- ❖ Tem como principal intuito tratar problemas de projeto e fabricação que foram negligenciados ao longo do projeto.

- ❖ Validação envolve o teste do sistema a nível funcional e a nível de ambiente para garantir que o produto está pronto.
- ❖ São realizados Testes de Falhas e Testes de Sucesso.
- ❖ ALT são normalmente utilizados.

Controle (Control)

- ❖ O controle tem por finalidade manter o processo de fabricação com baixa variabilidade.
- ❖ Técnicas normalmente utilizadas:
 - ❖ Inspeções, cartas de controle, auditorias, análise de processos viciados, análise de stress, etc.