

A Engenharia Simultânea

Marcelo da Silva Hounsell, PhD

R. S. U. Rosso Jr., PhD
(Atualizações)

Outubro/2024



Engenharia Simultânea (ES)

(Syan & Menon, 99, "Concurrent Engineering: Concepts, implementation na practice". Chapman & Hall)

- Limitações da Engenharia Tradicional
- Apresentação da Engenharia Simultânea
 - Objetivos
 - Vantagens
 - Suporte à ES
 - Cultura da Empresa,
 - Equipes de Projeto
 - Projeto para a Manufatura e Montagem
 - Implantação de Sucesso



Desvantagens da Engenharia Sequencial

[Cralley89]

- Existe uma pressão por desenhos e especificações os quais levam a uma solução baseada em uma pesquisa “o primeiro em profundidade” (*depth-first design search*).
- Alternativas de projeto são rapidamente eliminadas com o interesse de cumprir datas e uma única solução passa a ser perseguida/analisaada;



Desvantagens da Engenharia Sequencial

[Cralley89]

- Os problemas associados às habilidades de produzir e dar suporte não são normalmente consideradas até uma fase relativamente avançada do processo, quando quaisquer mudanças de projeto podem ser extremamente custosas;
- O objetivo final é normalmente diminuir custos ao mesmo tempo que considera-se otimizar a performance e facilitar a manufatura. Planejamento da produção, análise do suporte, manutenção, e confiabilidade são consideradas separadas do processo de projeto.



Desvantagens da Engenharia Sequencial

[Cralley89]

- Dados do projeto são fragmentados e insuficientes tendendo a várias modificações
 - A documentação inclui: arquivos de CAD, desenhos dos componentes cotados, esboços, desenhos do processo, modelos sólidos tridimensionais, etc.
 - É difícil, senão impossível, de manter a **consistência** dentre todas estas representações o tempo todo;



Desvantagens da Engenharia Sequencial

[Cralley89]

- As intenções de projeto podem ser perdidas na hora que a documentação chegar até os especialistas em produção.
 - Eles vão trabalhar com suas experiências e a sorte para adivinhar quais as mudanças que podem ser feitas para que o produto seja manufaturável e, ao mesmo tempo, funcional.
 - O ideal seria que as razões para as diversas características do projeto fossem incluídas na documentação

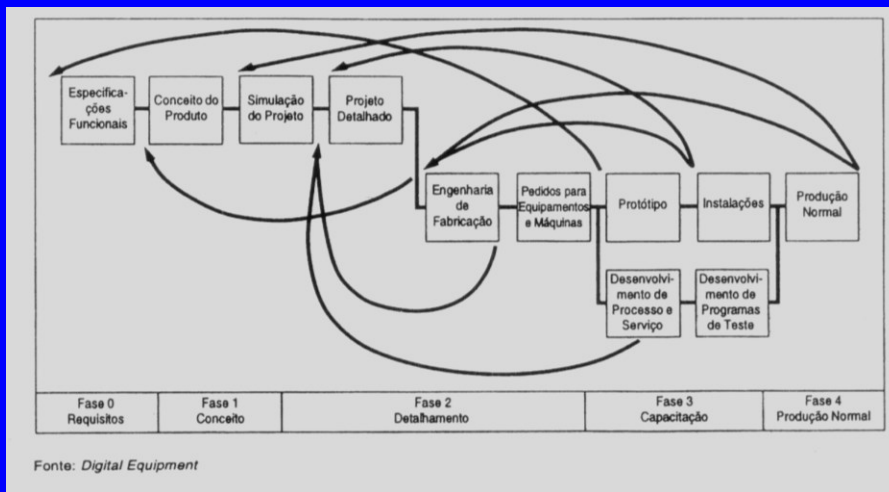


Desvantagens da Engenharia Sequencial

- Normalmente, os especialistas na Engenharia Tradicional não se comunicam o suficiente e nem a interação que eles promovem é sequer eficiente.
- Pode ser que os especialistas em manufatura só sejam chamados após o projeto esteja finalizado. Na verdade, este é a abordagem típica e tradicional para o planejamento da manufatura.



Fluxo de Erros e Correções na Engenharia Sequencial

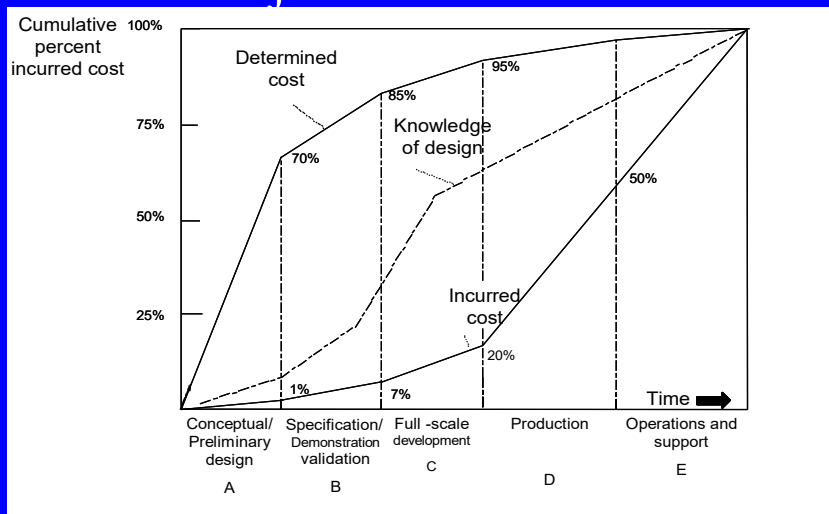


Importância da Fase de Projeto do Produto [Bedworth91, Rembold93]

- Já foi demonstrado que 70% do custo de produção de um produto é determinado durante a fase de formulação dos conceitos do mesmo.
- Nesta etapa o tempo de desenvolvimento ainda foi pouco e o gasto em desenvolvimento foi baixo.
- Quaisquer mudanças (melhorias) neste ponto custa muito pouco mas pode afetar sobremaneira o custo de produção.
- Depois das etapas iniciais do projeto, mudanças são caras pois a documentação já foi iniciada, e muitas outras coisas tem que ser modificadas.



Importância da Fase de Projeto do Produto

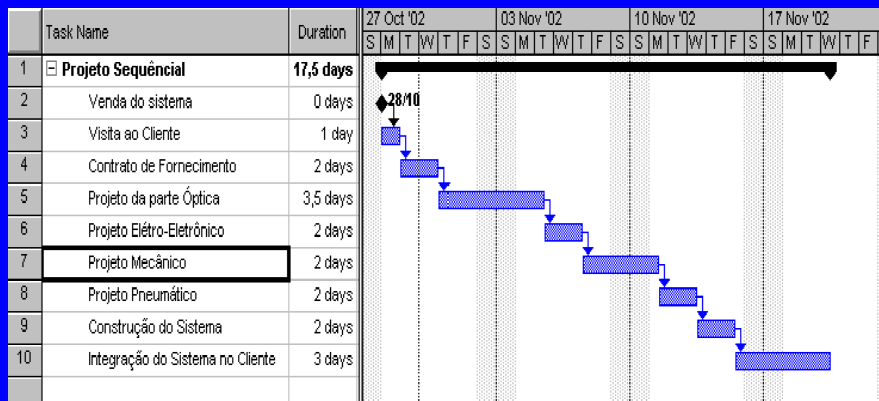


Engenharia Simultânea (ES)

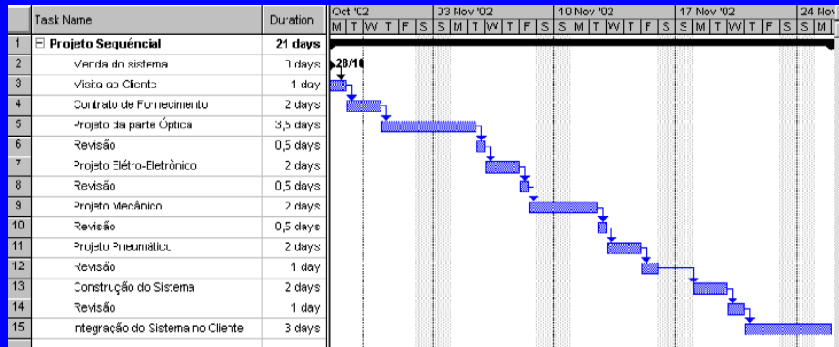
- Ou Engenharia Concorrente
- O foco da ES é o projeto do produto, de onde se pode auferir as maiores economias
- Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o projeto integrado e simultâneo de produtos considerando os seus processos relacionados, sua manufaturabilidade e o suporte.



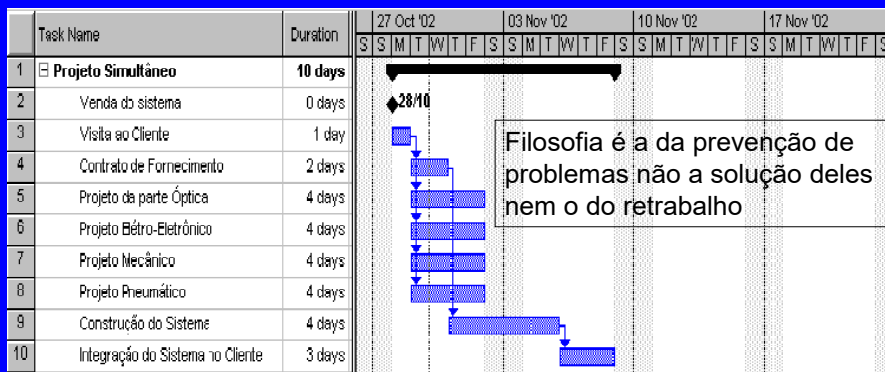
Engenharia Sequencial (O Ideal)



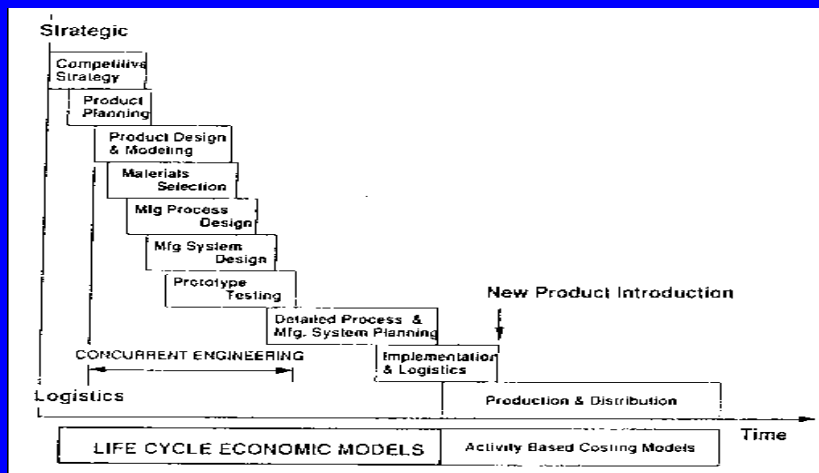
Engenharia Sequencial (O Real)



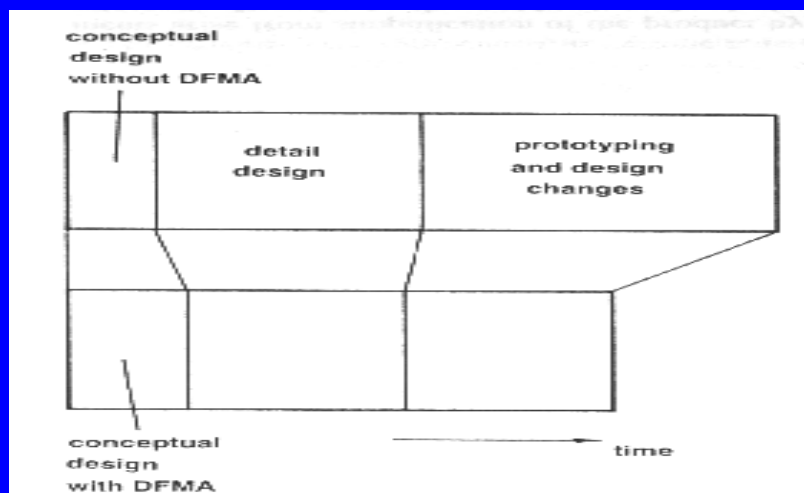
Engenharia Simultânea (O Ideal)



Engenharia Simultânea (O Real)

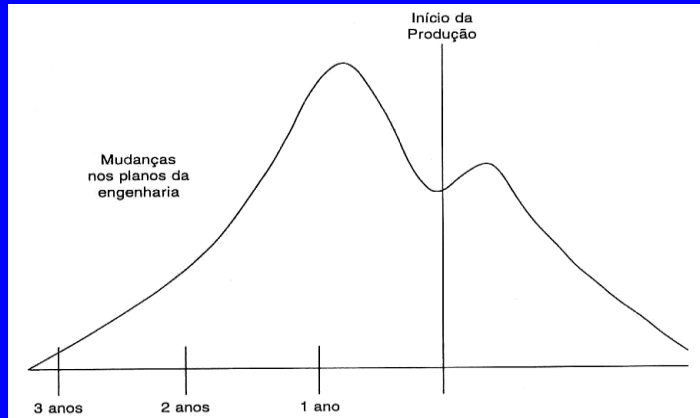


Resultado Final da ES



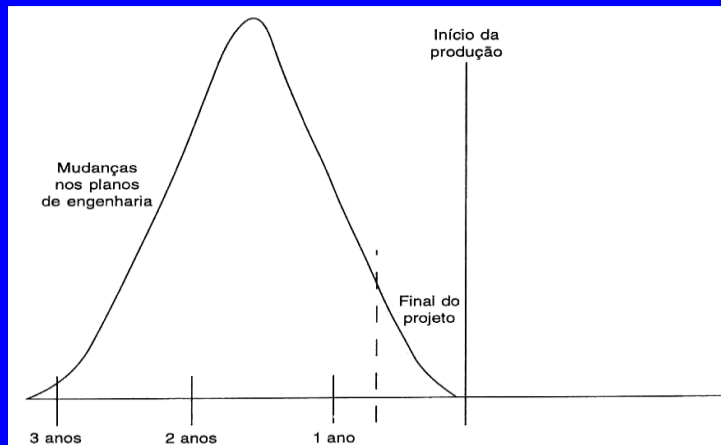
Mudanças na Eng. Sequencial

São feitas de forma tardia (HARTLEY, 1998 : 98)



Mudanças na Eng. Simultânea

Podem ser feitas mais cedo tardia (HARTLEY1998 :101)



Engenharia Simultânea (ES)

- Práticas efetivas de ES requerem boa comunicação entre departamentos díspares mas associados ao ciclo de vida do produto
- ES implica na integração de todos os recursos da companhia necessários ao desenvolvimento de um produto, incluindo sistemas computacionais, informações, recursos fabris e também pessoas.



Objetivos da ES (1)

- Diminuição do tempo de desenvolvimento de produtos (50 % típico)
- Aumento da lucratividade
- Aumento da competitividade
- Aumento do controle sobre os custos de projeto e da manufatura/produção
- Diminuição de custos (50% típico)
- Melhor e mais forte integração entre os departamentos



Objetivos da ES (2)

- Aumento da reputação/imagem da companhia e de seus produtos
- Aumento da qualidade do produto
- Promoção do “espírito de equipe”
- Eliminação do número de “mudanças de engenharia”
- Eliminação de defeitos do produto
- Definição e uso de procedimentos simplificados
- Padronização de (partes do) projeto



Vantagens da ES

- Boeing Case Study
 - 16% a 46% redução em custo de produção
 - Mudanças de engenharia reduzida de 15-20 para 1-2 por desenho
 - Falta de material diminuído de 12% para 1%
 - Custo da inspeção reduzido a 1/3



Vantagens da ES

- A Rolls-Royce teve o tempo de desenvolvimento de uma turbina nova reduzido em 30%
- A McDonnell Douglas reduziu seus custos de produção em 40%
- ITT reduziu o tempo do ciclo de desenvolvimento de produtos eletrônicos em 33%



Suporte para ES

- Empresas pequenas praticam ES sem nenhum suporte computacional ou formal (Empresas Familiares, < 15 pessoas, SYAN:12)
- Para Empresas/Projetos de médio/grande porte existem 4 classes de suporte:
 - Iniciativas relacionadas ao processo de projeto
 - Suporte computacional
 - Métodos de troca de informações
 - Técnicas formais



Iniciativas Relacionadas ao Processo de Projeto

- Dois aspectos são fundamentais:
 - Formação da “equipe de projeto”, sua operação como é gerenciada e qual o suporte que recebe
 - Organização das mudanças estruturais e culturais para acomodar e permitir que a abordagem em equipe funcione efetivamente

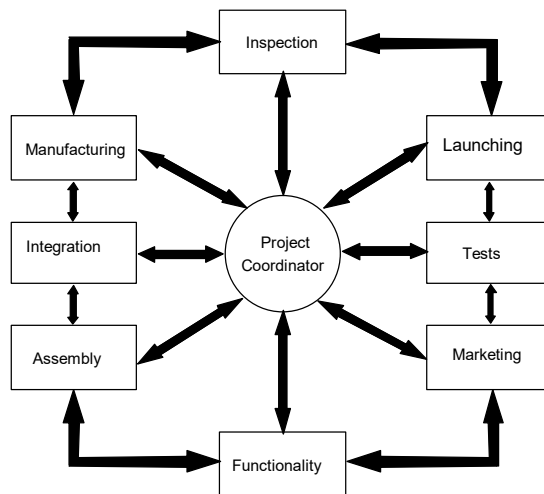


Formação da Equipe

- A equipe deve ser multidisciplinar, contendo especialistas em Marketing, Vendas, Compras, Design, Processos e também os principais fornecedores e os principais clientes



“Trabalho em Equipe”



Formação da Equipe

- Estudos indicam que esta escolha é o elemento mais importante que determina o êxito desta implementação.

Habilidades do Coordenador da Equipe

- A primeira é a habilidade de liderar
 - Isto se reflete na capacidade de inculcar um senso de comprometimento e manter a dedicação do grupo ao longo da tarefa de projeto.
- A segunda é a habilidade técnica
 - A capacidade de entender todas as questões técnicas associadas com o cumprimento da tarefa, contudo o líder não necessita ser o indivíduo mais tecnicamente qualificado do grupo.
- E a terceira é a habilidade política
 - O líder eficaz deve saber como proceder em certas situações de dificuldade, deve conhecer a cultura da empresa e ser capaz de formar um suporte multifuncional para sua tarefa de equipe



Mudanças Estruturais/Culturais

- Na maioria dos casos as mudanças culturais para permitir o “trabalho em equipe” vai necessitar de um alto grau de apoio da gerência
- Uma estrutura gerencial matricial (mais responsabilidade e poder de decisão aos novos *holons*) mostra-se a mais apropriada para facilitar o processo de engenharia simultânea
- De qualquer forma, a equipe deve gozar de liberdade e autoridade para decidir sobre o projeto e o desenvolvimento do produto



Iniciativas Relacionadas ao Processo de Projeto

- Ainda como iniciativas relacionadas ao processo de projeto, deve-se pensar no uso de técnicas como:
 - QFD, aplicada internamente na companhia como mecanismo para auxílio ao trabalho em equipe
 - DFM/DFA, são abordagens formais que ajudam a criar espírito de equipe



Suporte Computacional

- Principais tipos de softwares que dão suporte a atividade de ES são:
 - programas para engenharia, projeto e gerenciamento dos processos de engenharia
 - programas para facilitar a comunicação entre computadores diferentes bem como para integrar ferramentas diferentes



Suporte Computacional

- Alguns programas relacionados
 - CAD/CAE/CAPP/CAM
 - Engineering Data Management (EDM)
 - Ferramentas de modelagem e simulação da produção, do planejamento e dos custos



Troca de Informações

- É imprescindível que os programas da empresa sejam compatíveis
 - Isso pode levar a dependência a um único fornecedor
 - Porém é improvável que um único fornecedor possa suprir todas as ferramentas necessárias a empresa
- Usar arquivos de formato neutro padronizados
 - Problemas com a variedade de formatos (IGES, STEP, VDA, PDES, DXF, DWG, etc..)
 - Os formatos neutros pecam na modelagem das informações estruturais, não geométricas do produto.

*O STEP dá suporte a algumas informações não geométricas

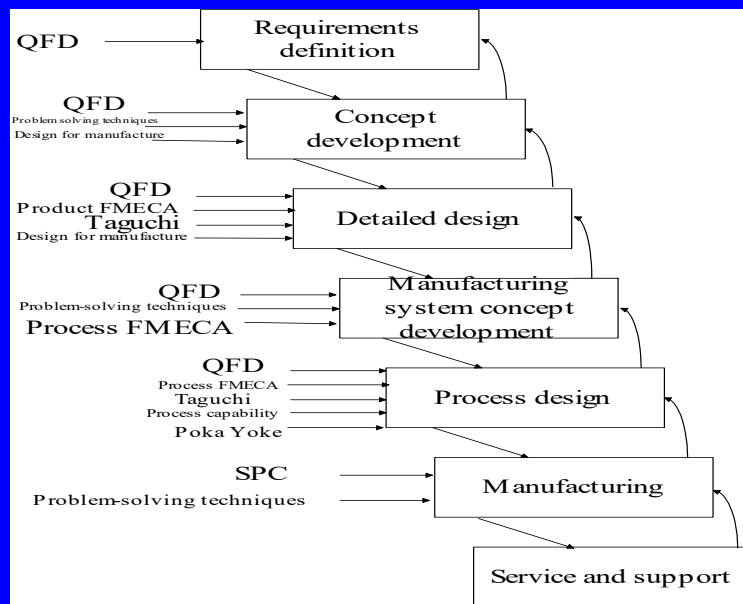


Técnicas Formais

- QFD (Quality Function Deployment)
- Taguchi
- Brainstorming
- Técnicas de Aumento de Produtividade (JIT, OPT)
- Programas de Melhoria Contínua, TQM
- FMEA
- Ishikawa (Fish Bone Analysis)
- DFM (Design for Manufacture)
- DFA (Design for Assembly)



O Uso de Ferramentas de ES



DFM (Design For Manufacture)

- Projeto para a Manufatura
- Quando se promove a integração das restrições da manufatura ao projeto do produto, com o objetivo de baratear e facilitar a fabricação de um componente ou sistema, temos o projeto voltado para manufatura (DFM)



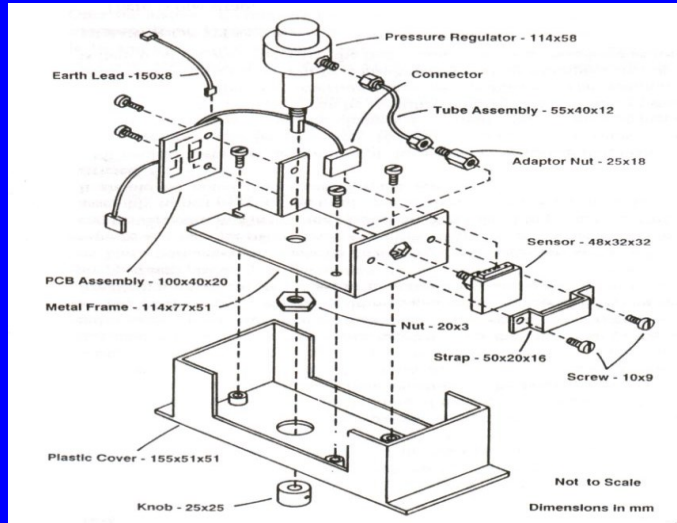
Diretrizes do DFM

- Desenvolver projetos modulares (reutilização);
- Diminuir variações de componentes; Enfatizar padronização;
- Projetar componentes para serem multifuncionais;
- Projetar componentes para uma fabricação fácil;
- Evitar componentes flexíveis;
- Eliminar ou facilitar ajustes;
- Avaliar métodos de montagem (ver diretrizes para DFA).



Um Projeto ANTES do DFM

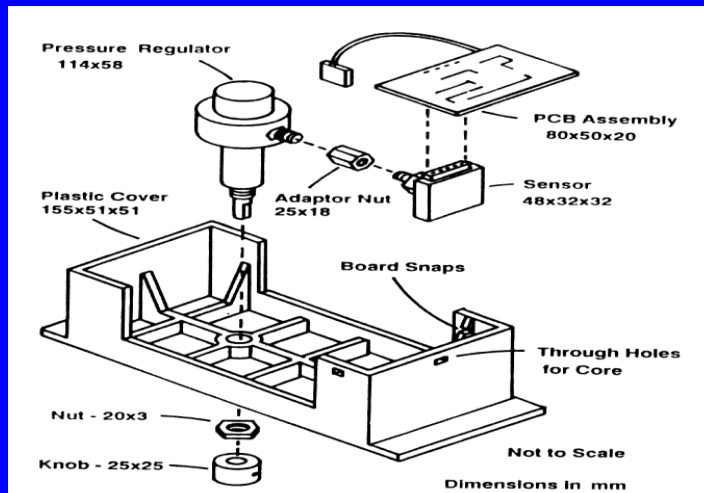
(BOOTHROYD, 1994 : 98)



UDESC

Um Projeto DEPOIS do DFM

(BOOTHROYD, 1994 : 104)



UDESC

DFA (Design for Assembly)

- Quando se promove a integração do planejamento do processo de produção ao projeto do produto, com o objetivo de baratear e facilitar a montagem de um componente ou sistema, temos o Projeto Voltado para Montagem (DFA).
- Por ser um caso particular de DFM, o DFA é usado para análise dos custos globais de manufatura. Cerca de 50% desses custos estão relacionados com o processo de montagem.
- Os objetivos do Projeto Voltado para Montagem (DFA) são:
 - reduzir o número de partes de um produto e facilitar a manipulação e a montagem das partes restantes;
 - simplificar a estrutura do produto para reduzir os custos de montagem.



Diretrizes para o DFA

- Projetar para uma base estável
 - Minimizar a reorientação da montagem inteira
 - Fazer com que o ponto de inserção seja fácil de ver e alcançar
- Inserção de componentes no eixo Z
 - Montagem "por cima"
 - Componentes com características de auto alinhamento
- Uso de características do material
 - Fontes embutidas
 - Partes moldadas ou estampadas



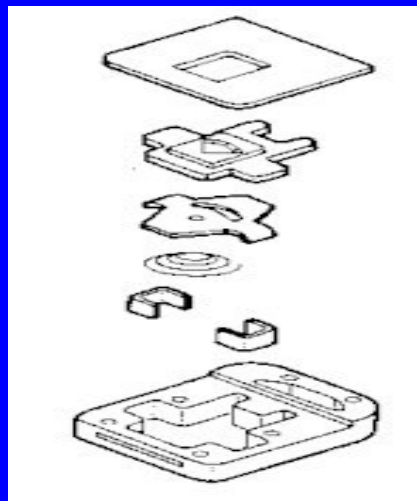
Diretrizes para o DFA

- Ergonomia
 - Facilitar o manuseio e manipulação de componentes (evidenciar simetria, exagerar assimetria)
 - Eliminar a necessidade de ferramentas especiais
- Minimizar o número de componentes/níveis de montagem
 - Minimizar o número de tipos de prendedores, cabos, etc.
 - Montagem modular e intercambiável
 - Embutir as características do material
 - Minimizar o número de níveis de montagem

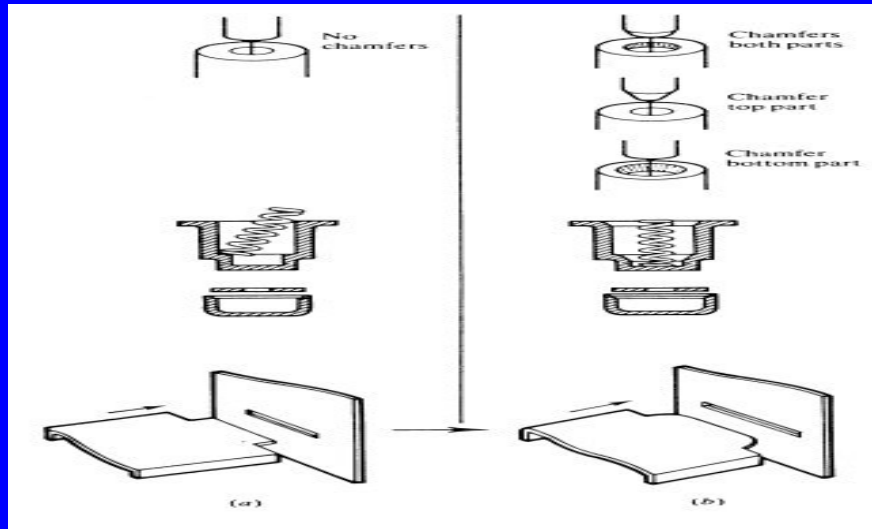


Montagem “Por Cima”

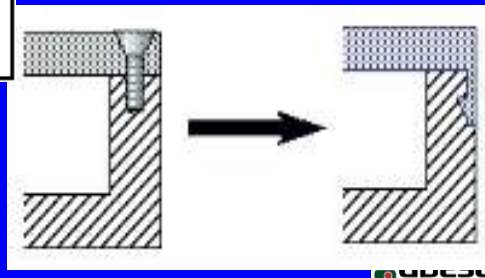
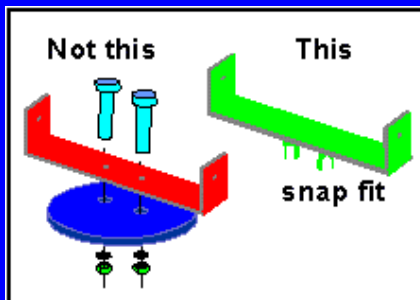
- Facilita a visualização da montagem
- Minimiza manipulação da peça
- Facilita o encaixe das peças
- Facilita a identificação da sequência de encaixes



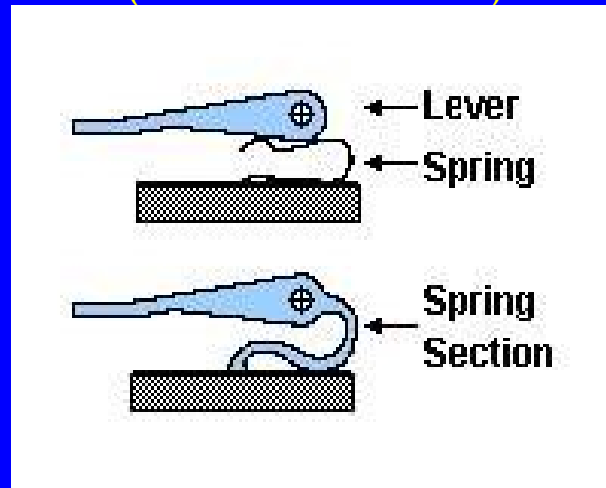
Projetar Auto Alinhamento



Reduzir Número de Fixadores Embutir no Projeto da Peça sua Fixação

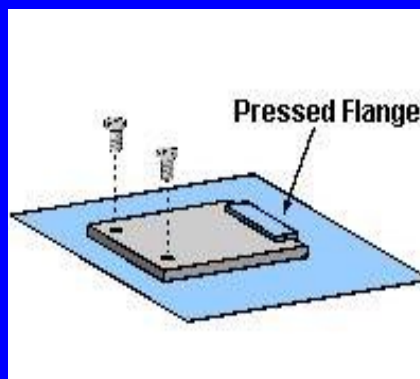
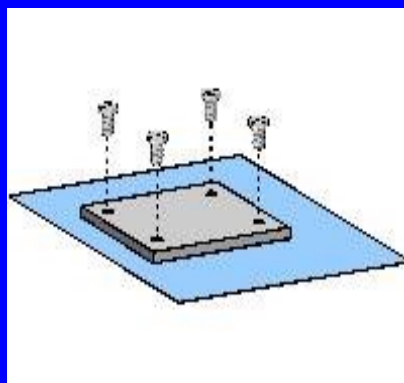


Usar Características do Material (Fontes Embutidas)



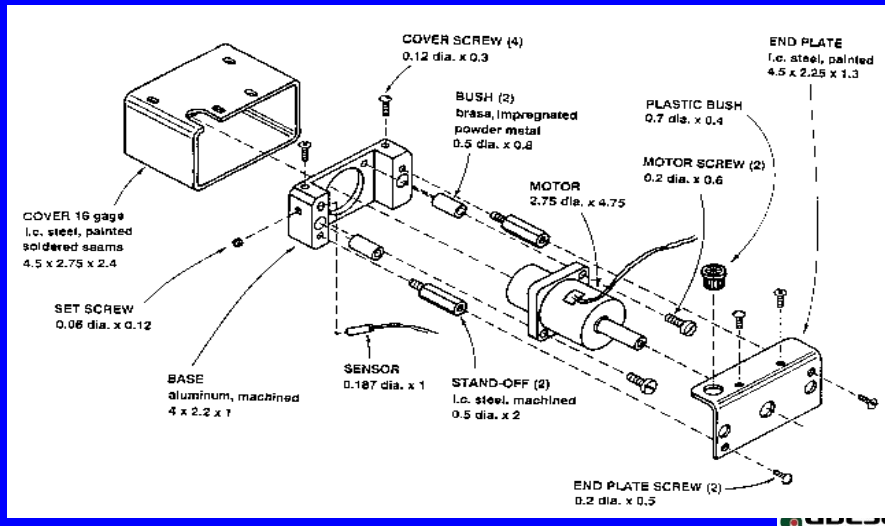
UDESC

Usar Características do Material (Partes Estampadas ou Moldadas)

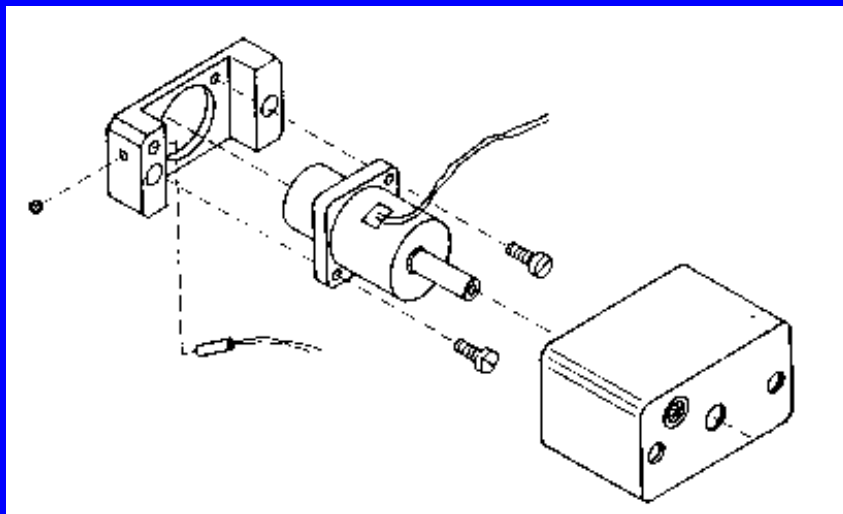


UDESC

Um Projeto ANTES do DFA



O Projeto DEPOIS do DFA



Formas Complementares de ES

- As formas de ES não são excludentes mas sim complementares. Exemplos: (Dowlatshahi94:113)
 - IF (não existe uma cultura adequada)
 - THEN (diálogo entre projeto-manufatura não é efetivo)
 - IF (DFM e DFA são os únicos critérios considerados)
 - THEN (o produto bem construído pode não ser vendável)
 - IF (dados de desempenho não estão disponíveis)
 - THEN (questões do ciclo-de-vida como confiabilidade, manutenabilidade e disponibilidade não poderão ser efetivamente incorporadas no próximo ciclo do projeto)



Implementação da ES

- Sem Computador
 - Cultura da Empresa
 - Trabalho em Equipe
- Com Computador
 - Softwares de Apoio
 - Sistemas de Comunicação
 - Sistemas Especialistas



Características de Uma Implantação de ES de Sucesso (1)

- Apoio irrestrito da gerência sênior
- Ênfase em substituição de práticas e não adição às práticas antigas (reengenharia)
- Consenso da necessidade de mudança
- Equipes de Projeto multidisciplinares
- Não inibir mudanças de projeto e dar maior autoridade e responsabilidade aos membros da equipe



Características de Uma Implantação de ES de Sucesso (2)

- Constante **comunicação** e coordenação
- Uso de métodos e princípios de gerência claros e de qualidade
- Suporte computacional de produtos/processos
- Interfaces, Ferramentas e Bancos de Dados integrados
- Programa de Educação em todos os níveis
- Sentimento de “paternidade/maternidade” do projeto
- Comprometimento com o melhoramento contínuo



Desvantagens da ES

- Uma desvantagem da engenharia simultânea está na sua complexidade num todo.
 - Como organizar os métodos, os processos e etapas para que as mesmas possam ser executadas de forma simultânea ?
- Mudar a consciência de uma empresa na sua forma de produção de uma hora para outra, é praticamente impossível.
 - A implantação de ES torna-se um processo lento

