

# *DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I (SEM 0565)*

Notas de Aulas v.2017

## ***Aula 01 – Introdução ao Projeto Auxiliado por Computador (CAD), Sistema 2D e Modelagem Sólida***

Departamento de Engenharia Mecânica  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Alberto Fortulan

## Objetivos:

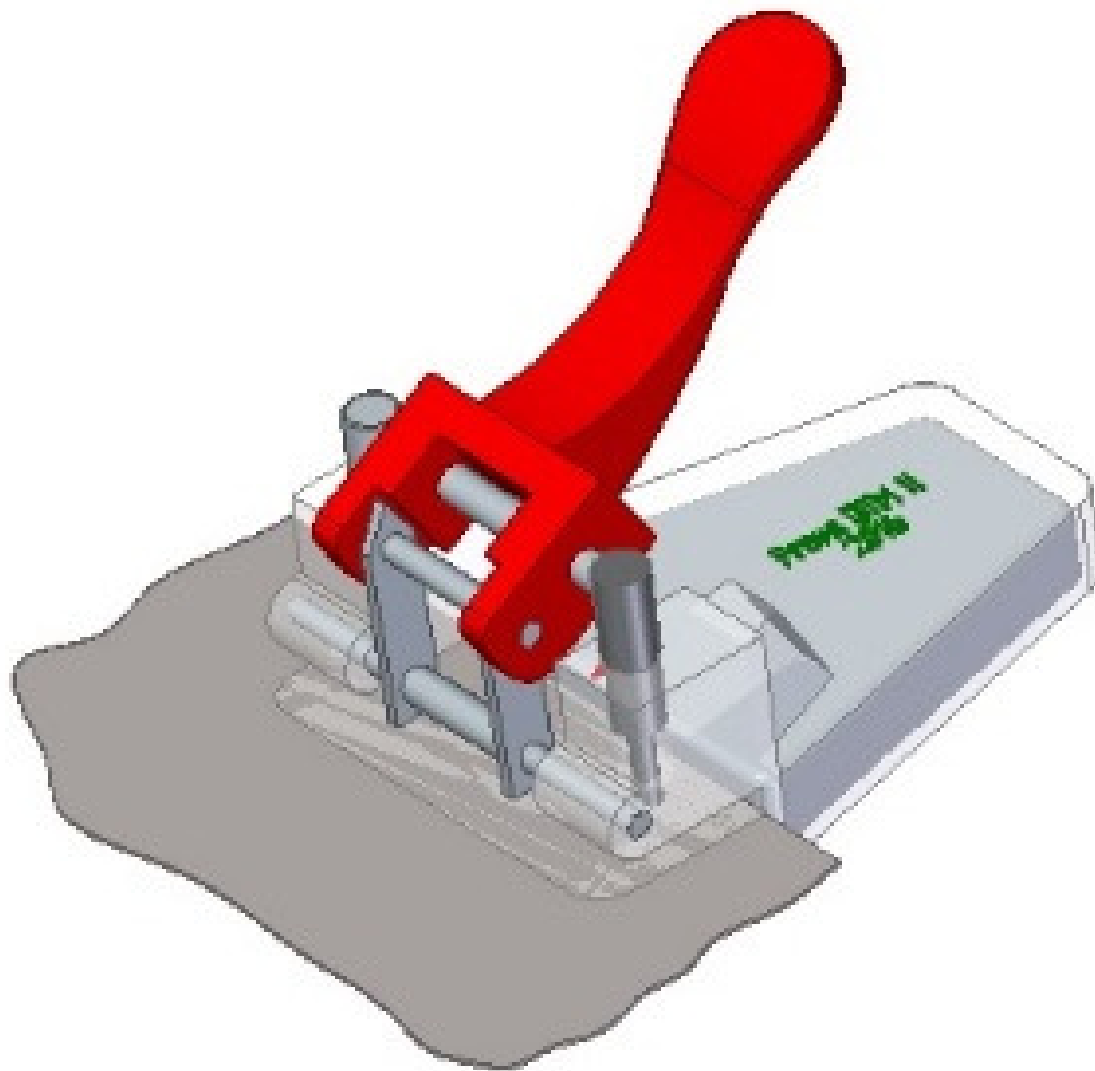
Proporcionar conhecimentos e técnicas para a concepção e leitura de documentação gráfica/digital de um desenho de conjunto mecânico.

## Avaliação:

Prova em CAD – 2 horas

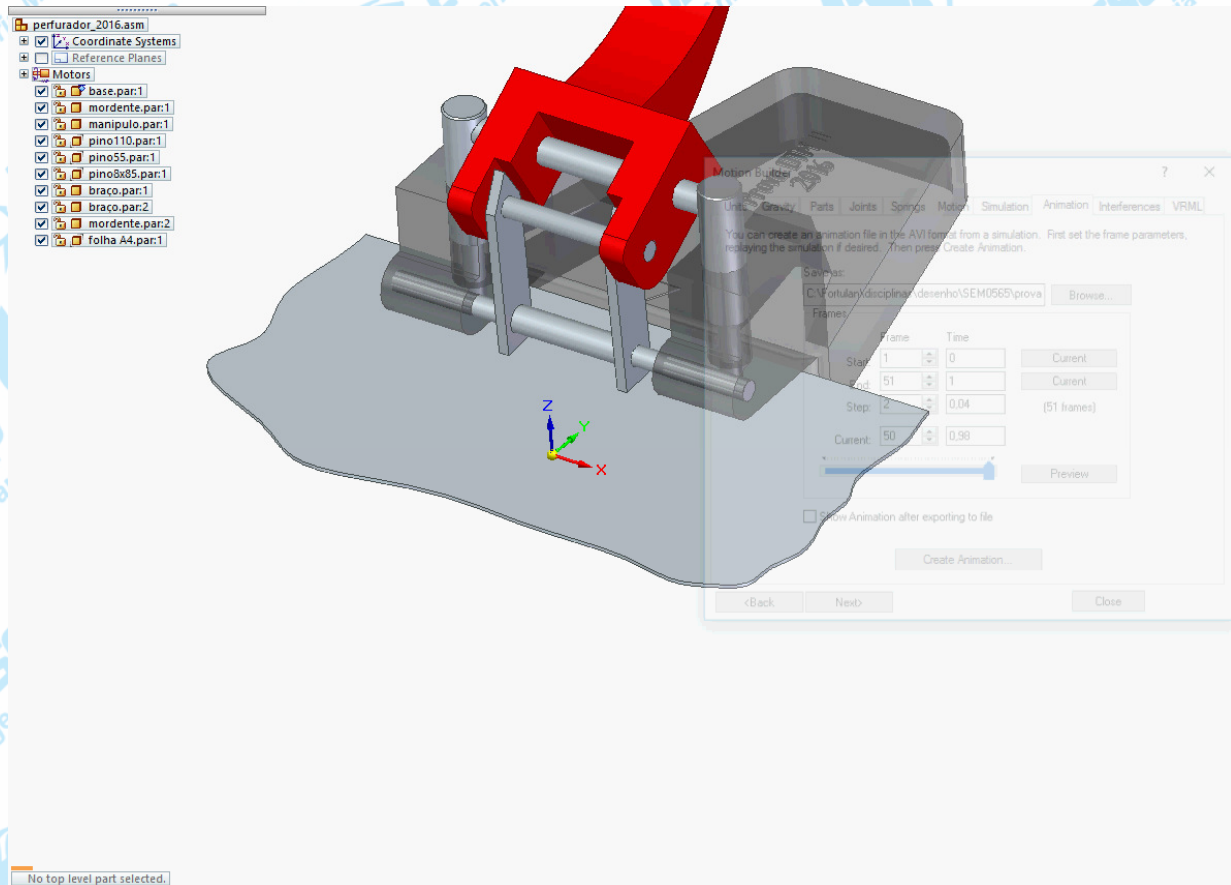
- ✓ Desenhos de partes (~7);
- ✓ Montagem;
- ✓ Simulação (Vídeo);
- ✓ Interferência;
- ✓ Desenho de conjunto (draft).

2016

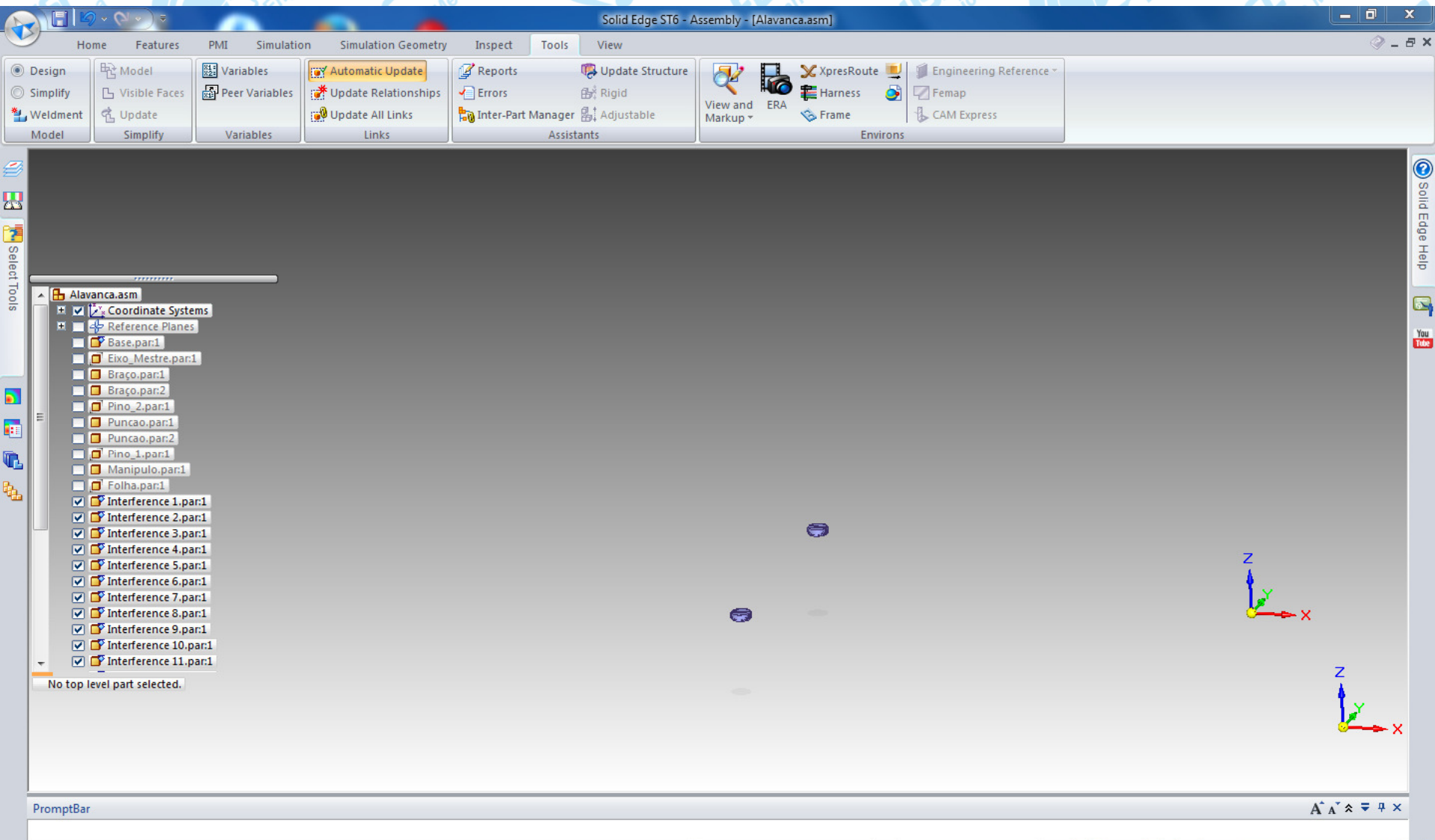




2016



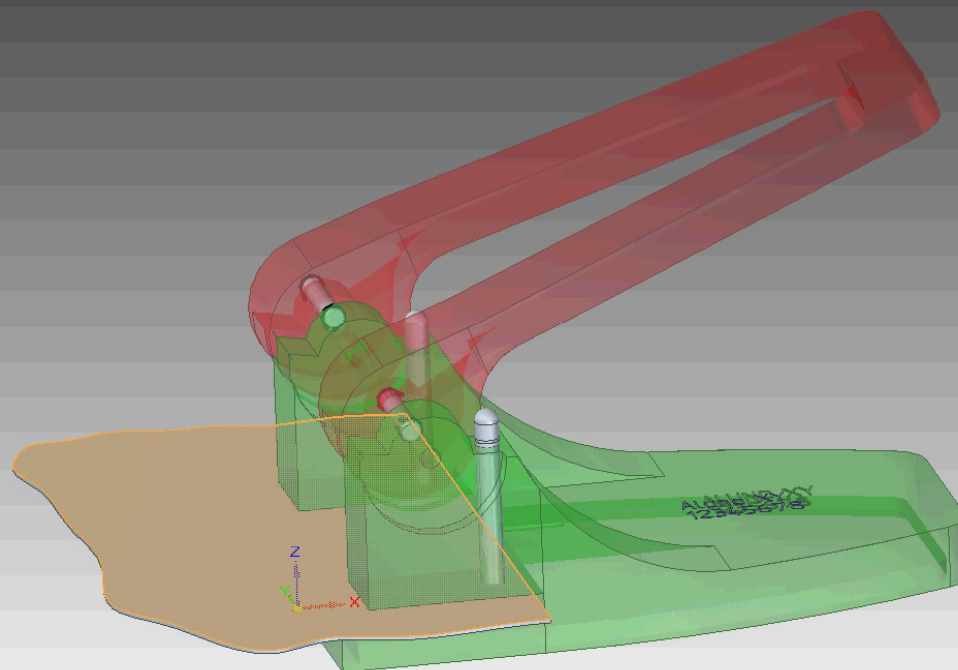
2016



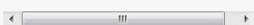
2014

perfurador.asm

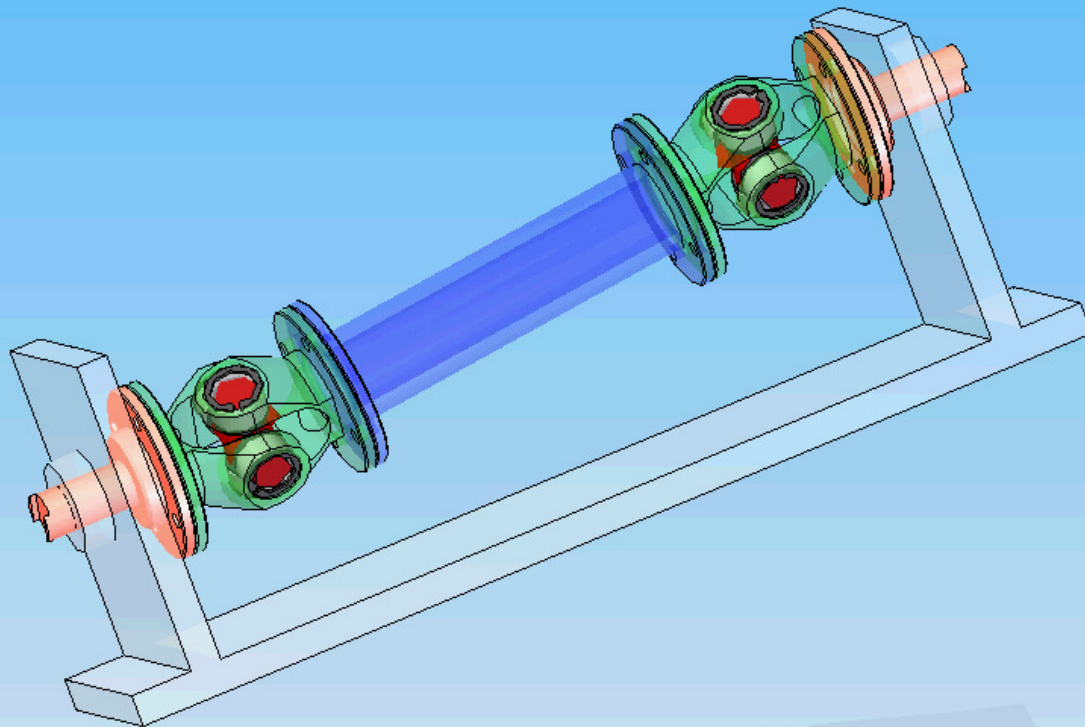
- ✓ Sistemas de Coordenadas
- ✓ Planos de Referência
- ✓ Rascunhos
- ✓ base.par:1
- ✓ alavanca.par:1
- ✓ pino.par:1
- ✓ anel elas f5.par:1
- ✓ anel elas f5.par:2
- ✓ pulção.par:1
- ✓ pino.par:2
- ✓ anel elas f5.par:3
- ✓ anel elas f5.par:4
- ✓ pulção.par:2
- ✓ folha A4.par:1



Nenhuma peça de nível superior foi selecionada



2013





## CAD/CAE/CAM

Os termos CAD, CAE e CAM já estão bastante difundidos na engenharia em todos os níveis, do projeto à fabricação. São sistemas (que podem ser integrados) compostos por software e hardware e que permitem projetar e simular a aplicação e a fabricação de um produto.

**CAD** (Computer Aided Design) - sistema que permite a realização de desenhos bi e tridimensionais de um componente ou de sua montagem. No sistema CAD desenhos pode ser impressos em diversas vistas ou em um ambiente, ..... em movimento e também serve de interface para o CAE e o CAM.



## Projeto Mecânico em desenhos

Um projeto mecânico de médio porte pode conter acima de 30.000 desenhos como parte da documentação, geralmente apresentam vida útil de 10 a 40 anos.

O desenho é uma ferramenta de criação e um processo de transferência de informação, através dele registram-se ideias, propostas de projetos, planos e então se compartilha e transfere para outras pessoas.

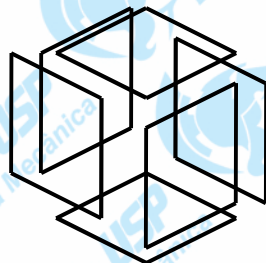
## Permite:

- Criação, modificação, análises, e otimização de um projeto;
- Ferramentas típicas:
  - Análise de tolerâncias;
  - Cálculo de propriedades de massa;
  - Modelagem de elementos finitos e visualização.
- Define a geometria do desenho.

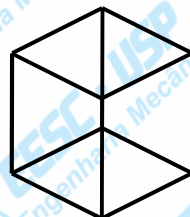
# Origens do CAD - 1964



Linhas  
1960,



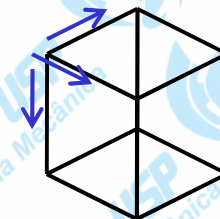
Modelos  
2D  
1970s,



Modelos  
Sólidos  
1980s,



Modelos  
Superfícies  
1960-1980s,



Modelos  
Paramétricos  
1980s,



## Evolução do CAD

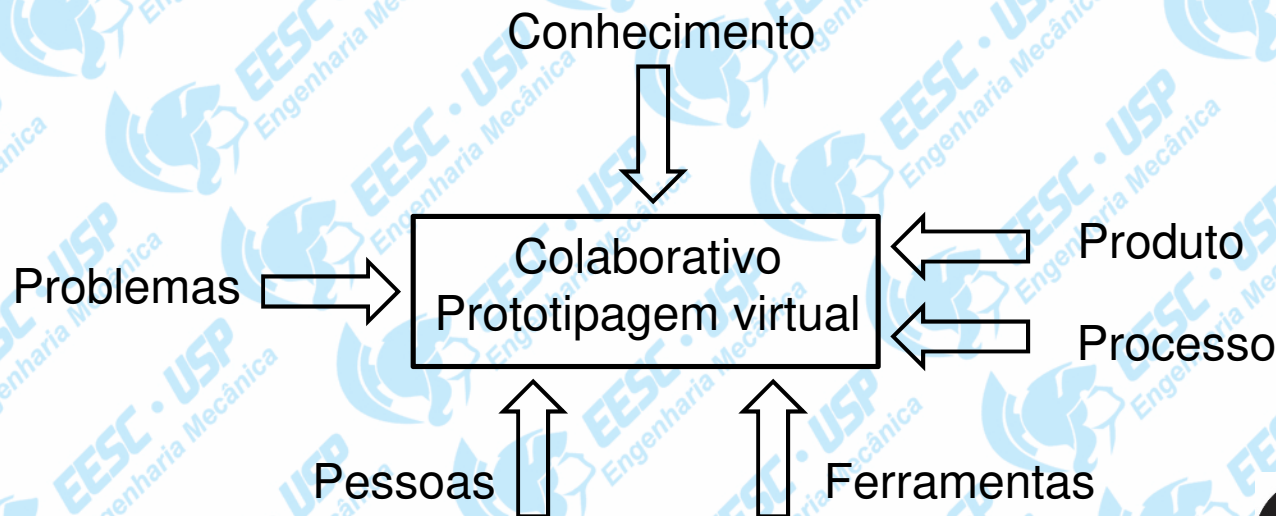
`70s → CAd → desenho → documentação

`80s → CAD → modelagem → modelos geométricos

`90s → KAD → funcionalidade → modelos funcionais, não integrados

2000s → Gerenciamento do Conhecimento Colaborativo

“Problemas, produtos, processos, pessoas”



## Processo do CAD - 1964

Dois tipos de tarefas: síntese e análise

- A síntese é muito qualitativa.
- A análise pode ser grandemente realçada com computadores.

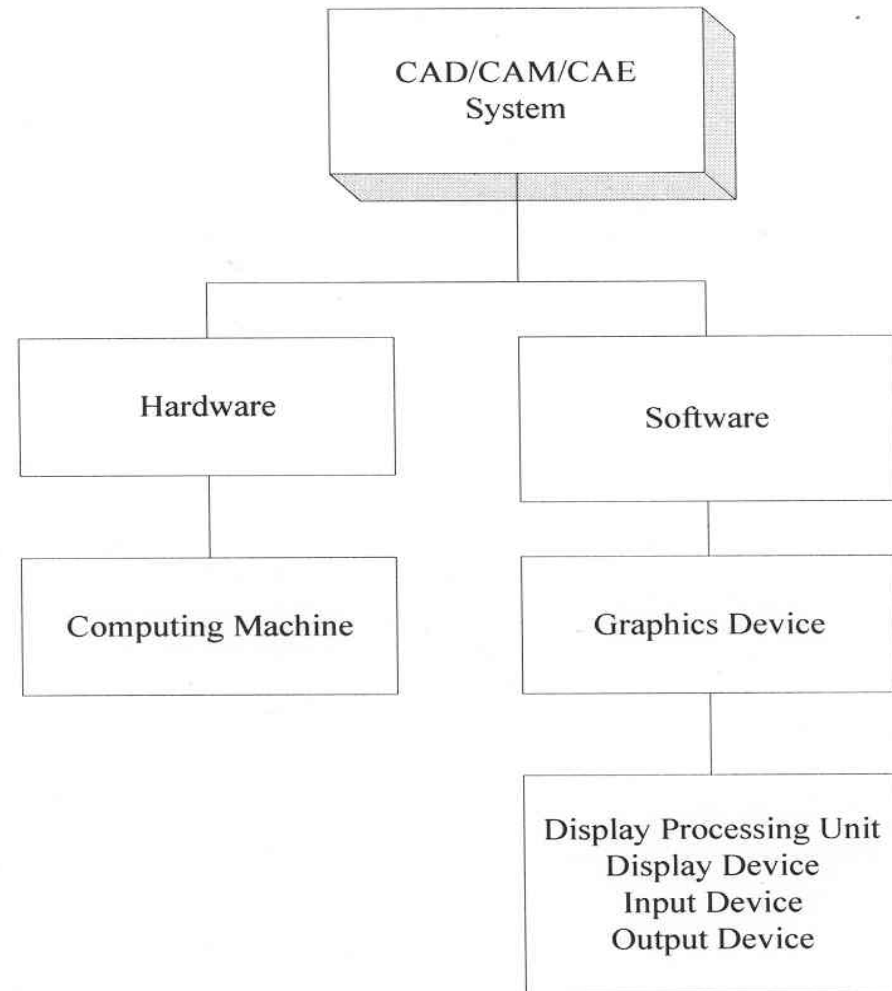
Uma vez que a análise esteja completa,

evolução do projeto → prototipagem rápida.

- Pacotes de software para otimização de projeto.

# Componentes de um sistema CAD/CAM/CAE

- Software aplicativo, que consiste na execução das funcionalidades do CAD.
- Hardware, que inclui o computador e dispositivos de entrada e saída.
- Sistema operacional, que atua como interface entre o hardware e o software aplicativo.





## Software Aplicativo

Conjunto de programas de computador desenvolvido para realizar, em combinação com a atividade humana, tarefas ou processos específicos relacionados, em geral, com o processamento de informações.

São escritos através de linguagens de programação, e podem ter sua aplicação classificada pelas tarefas ou serviços que podem realizar.

Solid Edge - Siemens

I-DEAS - Siemens

NX (Unigraphics) - Siemens

AutoCAD – Autodesk

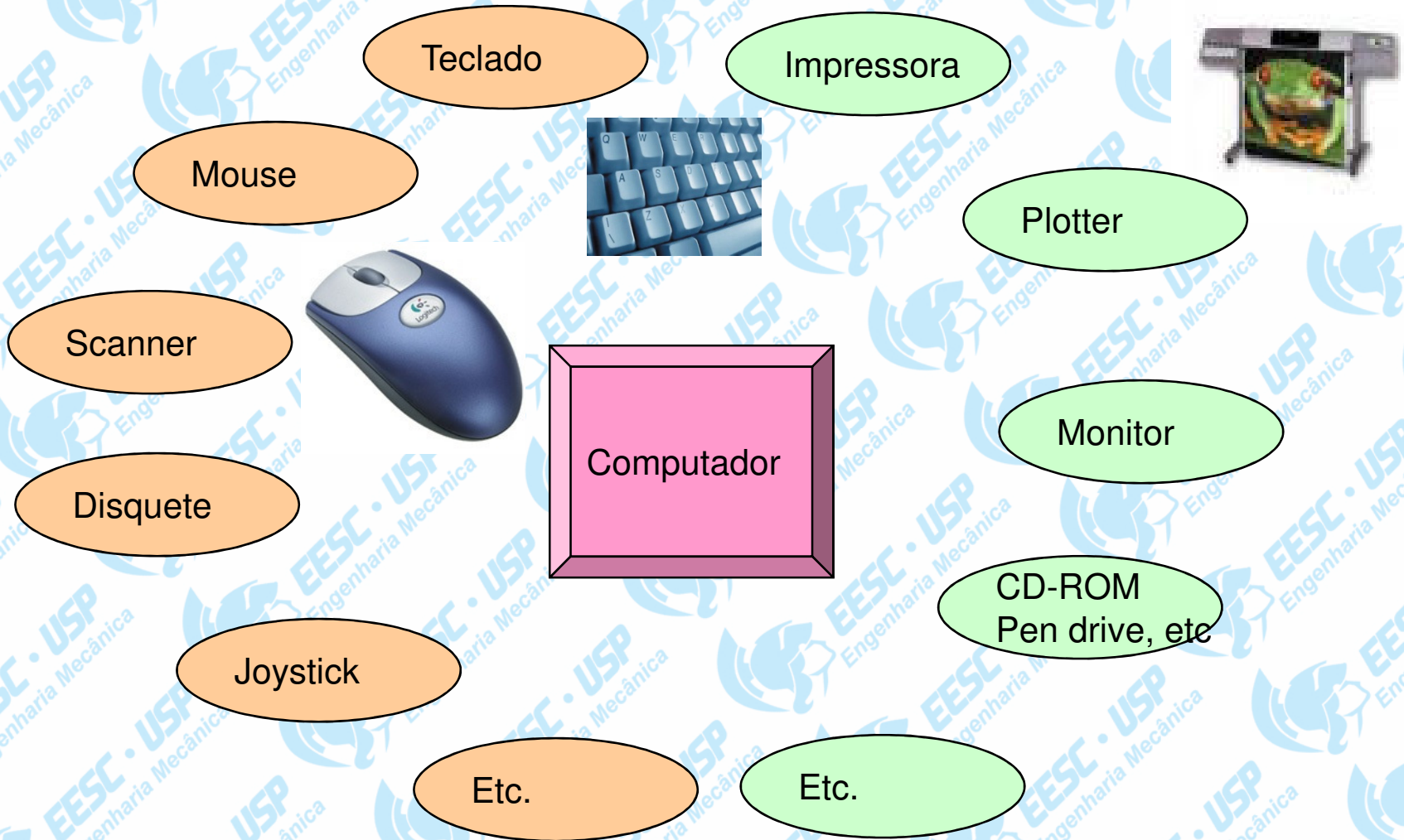
Inventor - Autodesk

SOLIDWORKS - Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp

CATIA - Dassault Systèmes

PTC Creo Parametric (Pro/ENGINEER)

# Hardware



# Computação Gráfica

Área da Ciência da Computação que estuda a geração, manipulação e análise de imagens através do computador.

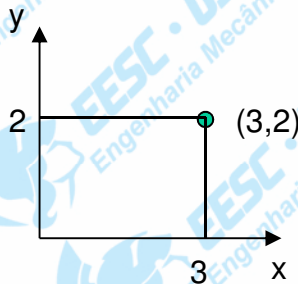
- Modelos 2D (plano XY)
- Modelos 3D (plano XYZ)
- Computação gráfica 4D → modelos 3D x tempo (animação)



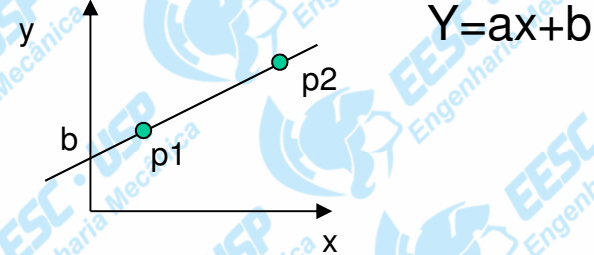
## Modelos 2D

A estrutura de dados mais empregada nesta computação gráfica são os vetores, outras são: listas e tabelas.

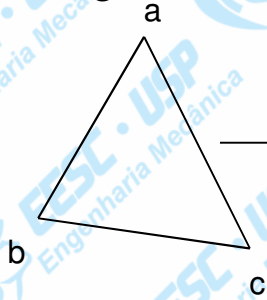
Ponto



Linha reta



Polígono



$X_a, Y_a; X_b, Y_b; X_c, Y_c$

Planos e superfícies não existem em CAD, mas são simulados no plano do vídeo como combinação de entes primitivos.

# Transformações Geométricas 2D

*Transladar:* pontos podem ser transladados para novas posições  $T_x$ ;  $Z_y$

$$X' = X + T_x; Y' = Y + T_y$$

*Escalar:* afastamento ou aproximação do ponto em relação a origem

*Rotacionar:* rotação dos pontos através de um ângulo em relação à origem.

*Refletir:*

*Duplicar:*

*Alongar:*

# Operandos Geométricos

Tem como função a criação, na estrutura de dados, das entidades geométricas que compõe o desenho:

- Ponto – explícito → coordenadas  
implícito → ex: interseção de duas curvas
- Reta
- Circunferência
- Arco
- Curva composta
- Curvas cônicas



# Operandos não Geométricos

Entidades utilizadas para elucidação dos elementos geométricos do desenho:

- Texto
- Linhas auxiliar
- Linhas de cota
- Dimensão angular
- Hachura.

# Modelagem Geométrica

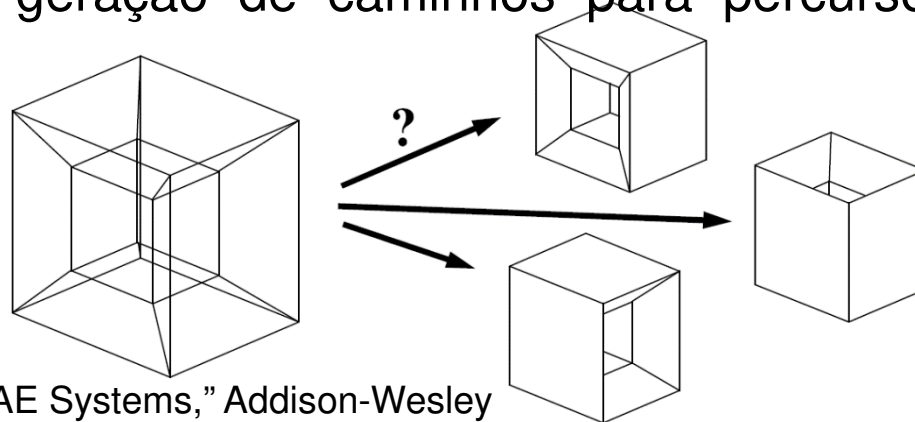
Descrição matemática (modelo) de um objeto: Wireframe, Superfície e Sólida

## • Wireframe

Esta modelagem utiliza pontos e curvas (linhas, círculos e arcos) para definir objetos.

*Vantagens:* fácil edição de vistas, rapidez na visualização

*Limitações:* impossibilidade de calcular propriedades físicas; superfícies ambíguas dificulta a geração de caminhos para percurso de ferramenta (CAM)...





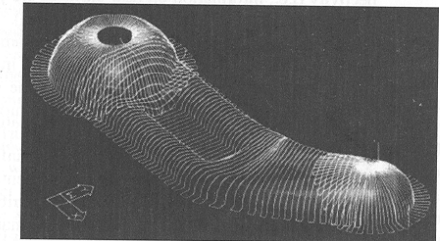
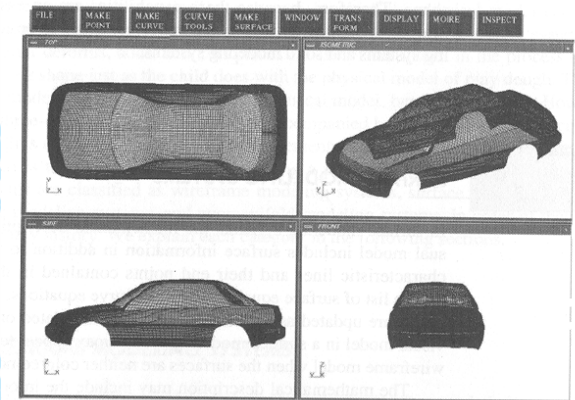
## • Superfície

Esta técnica de modelagem define os objetos pelas suas faces do contorno. Contêm definições de superfícies, margens e vértices, assim como a relação entre eles.

- melhor interação gráfica (apesar de complexidade na criação dos modelos)

**Vantagem:** Informação de caminhos para ferramenta

**Desvantagem:** Dificuldade em informar propriedades físicas





## • Sólida

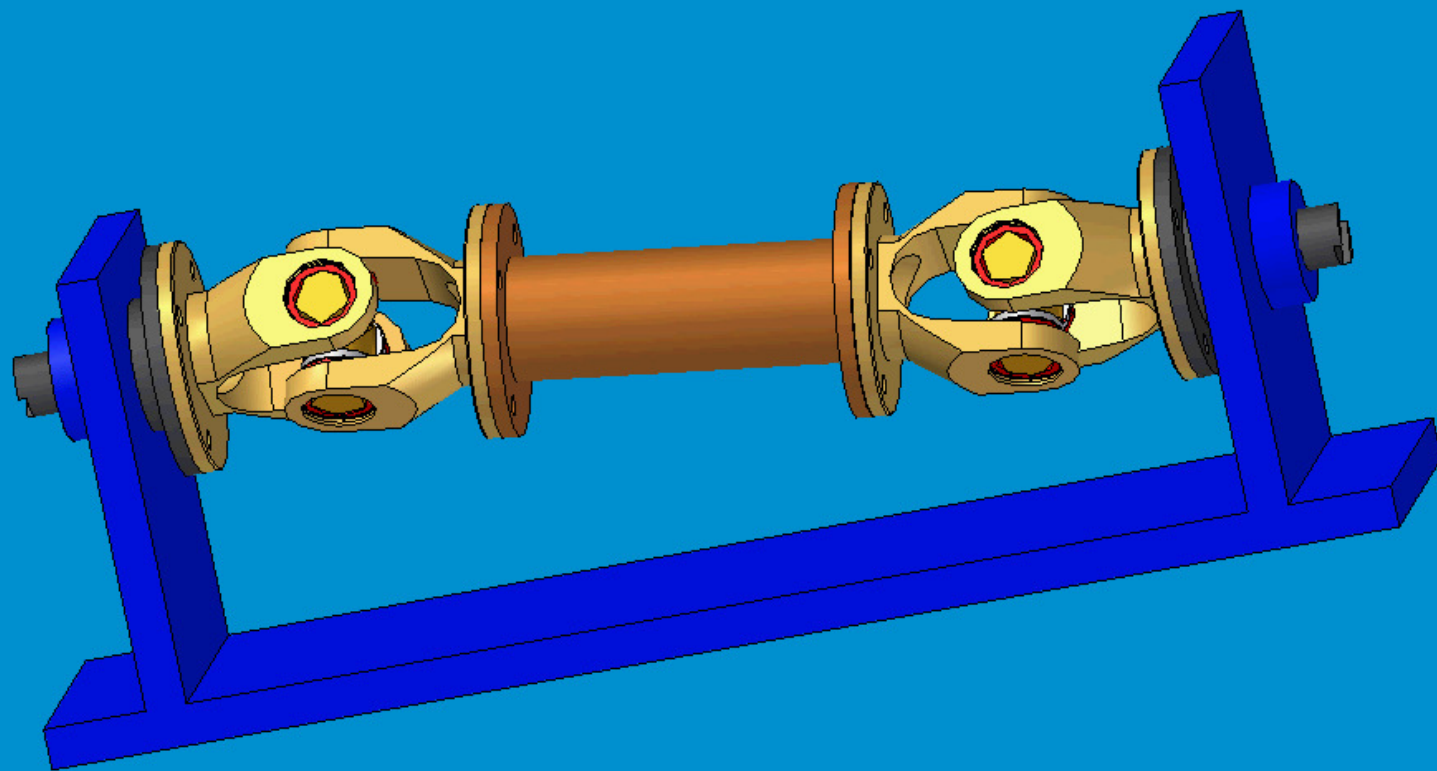
Os objetos são definidos diretamente a partir das formas primitivas, designadas por blocos de construção.

Várias representações matemáticas que permitem classificar cada ponto:

“Um dado ponto está dentro ou for a da região sólida?”

Vantagens:

- cálculo de propriedades física;
- geração automática de malhas para Elementos Finitos;
- determinação de colisão em robótica ou caminho para geração CNC.



# Funções da Modelagem Sólida

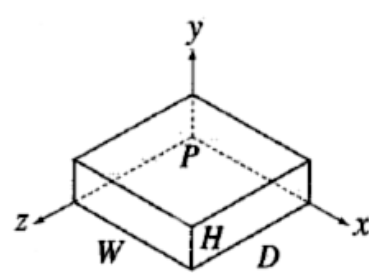
Diferentes caminhos podem ser utilizados para criar formatos sólidos:

- criações de primitivas
- operações Booleanas
- operações *Sweep*
- operações *Surface*
- modelagem de Engenharia baseadas em *Features*
- modelagem Paramétrica

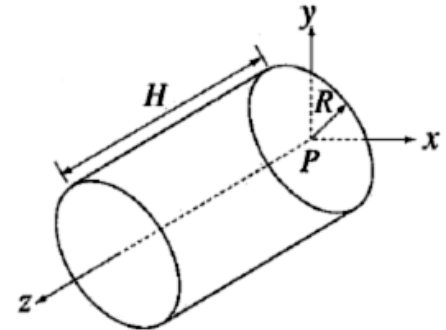


## Criação de primitivas

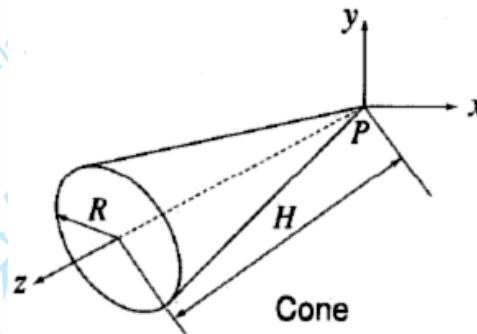
- Primitivas são formatos de sólidos simples com simples superfícies matemáticas.
- Podem ser controladas por um pequeno número de posicionadores utilizando uma matriz de transformação.



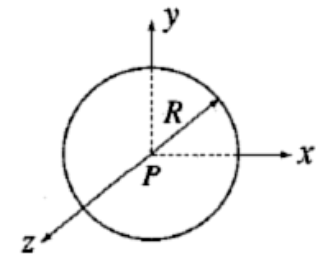
Block



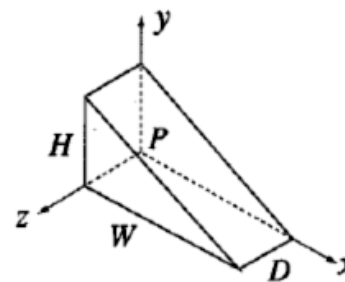
Cylinder



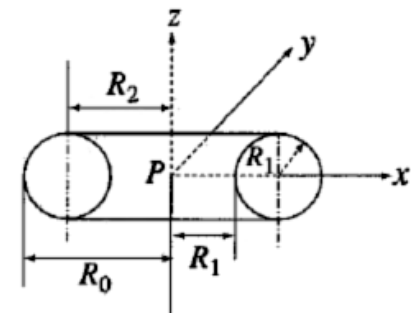
Cone



Sphere



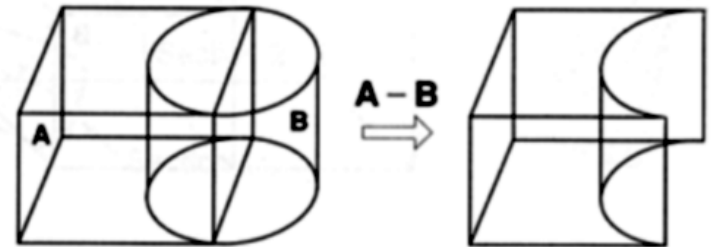
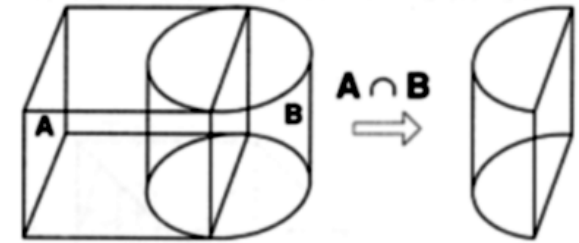
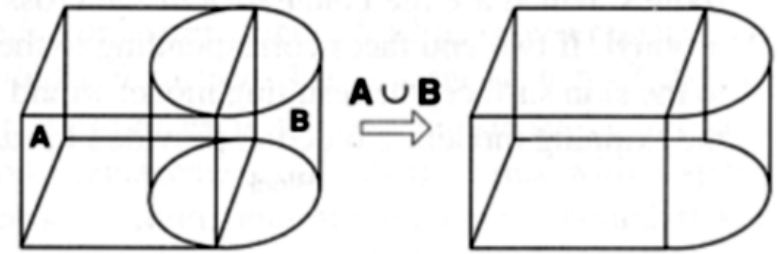
Wedge



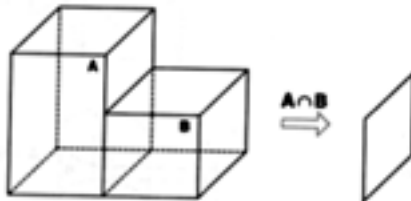
Torus

# Operações Booleanas

- Operações Booleanas são utilizadas para obter formatos mais complexos à partir de da combinação de formatos simples.
- 3 tipos de operações são possíveis:
  - união
  - intersecção
  - subtração



- atenção:

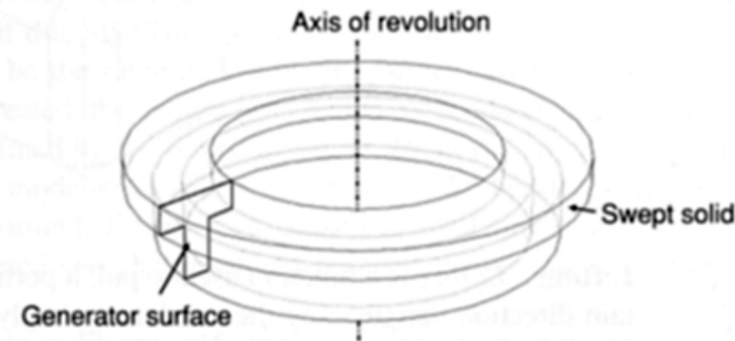
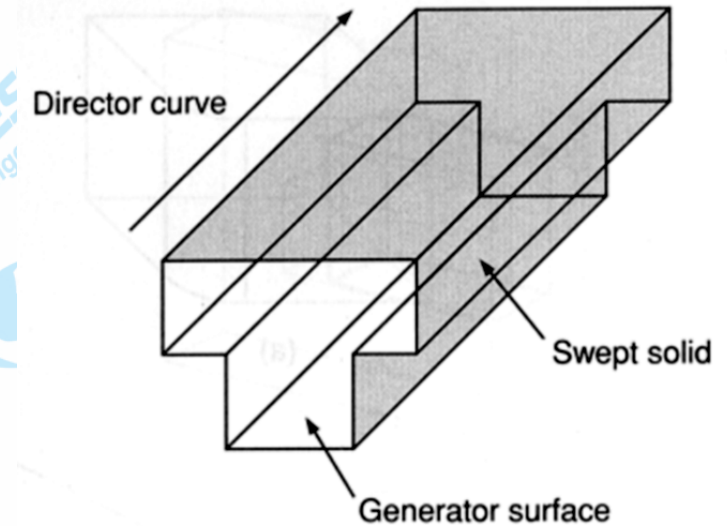
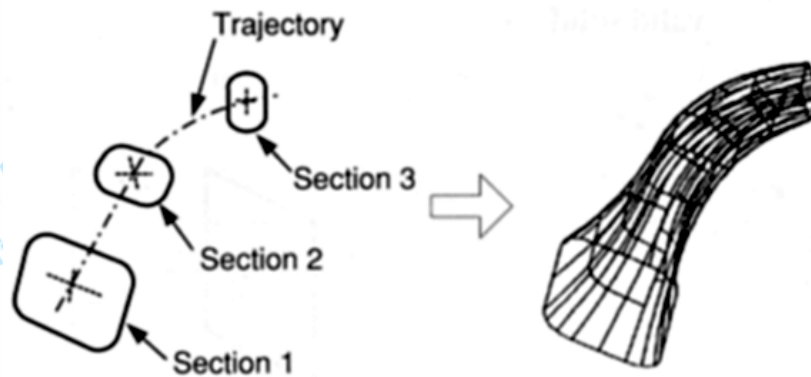


# Operações Sweeping

- Utilizando 2D *wireframe* das seções (ou seção) para gerar um sólido 3D;

Isto inclui operações como:

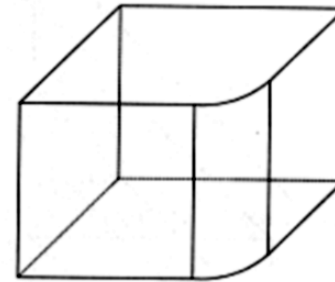
- extrude
- revolve
- sweep
- loft



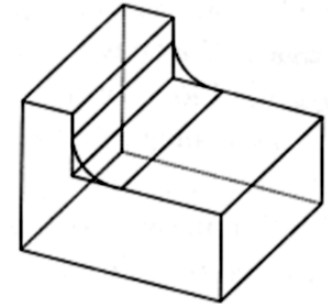


# Operações Surface

- São operações feitas diretamente nas superfícies, cantos e vértices dos modelos sólidos para criar uma modificação desejada.



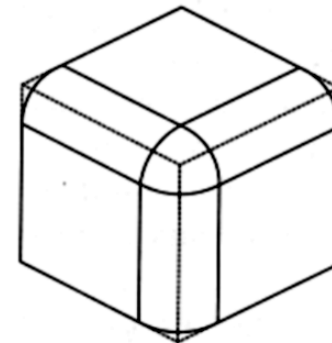
(a)



(b)

Exemplos:

- *chamfering*
- *rounding/filleting*
- *drafting*
- *shelling*

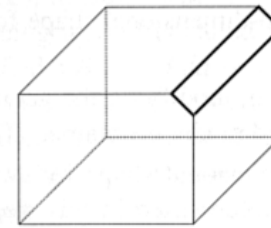
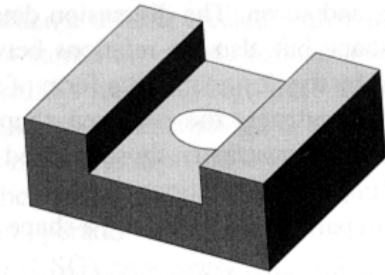


# Modelagem baseada em *Features*

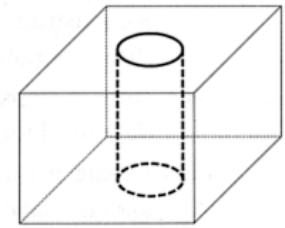
- *Features* são formatos que tem significância para a engenharia. Elas geralmente são geometrias personalizadas de operações de usinagem ou da função de um componente

Exemplos: – furos, roscas, rebaixos,....

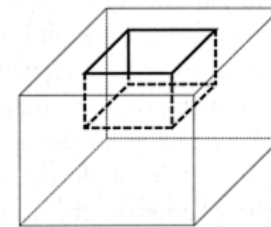
- Muitas pessoas usam o termo “*Feature*” para se referir a alguma espécie de operação de modelagem sólida.
- Muitos sistemas disponibilizam uma quantidade definida de *features*.



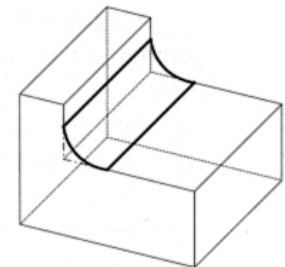
(a)



(b)



(c)



(d)

K., Lee “Principles of CAD/CAM/CAE Systems,” Addison-Wesley

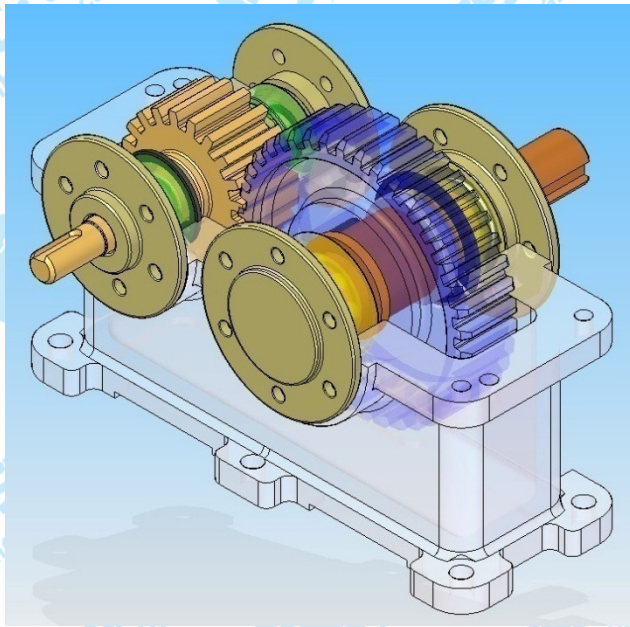


## Geração de Vistas 2D à partir de Modelos Sólidos

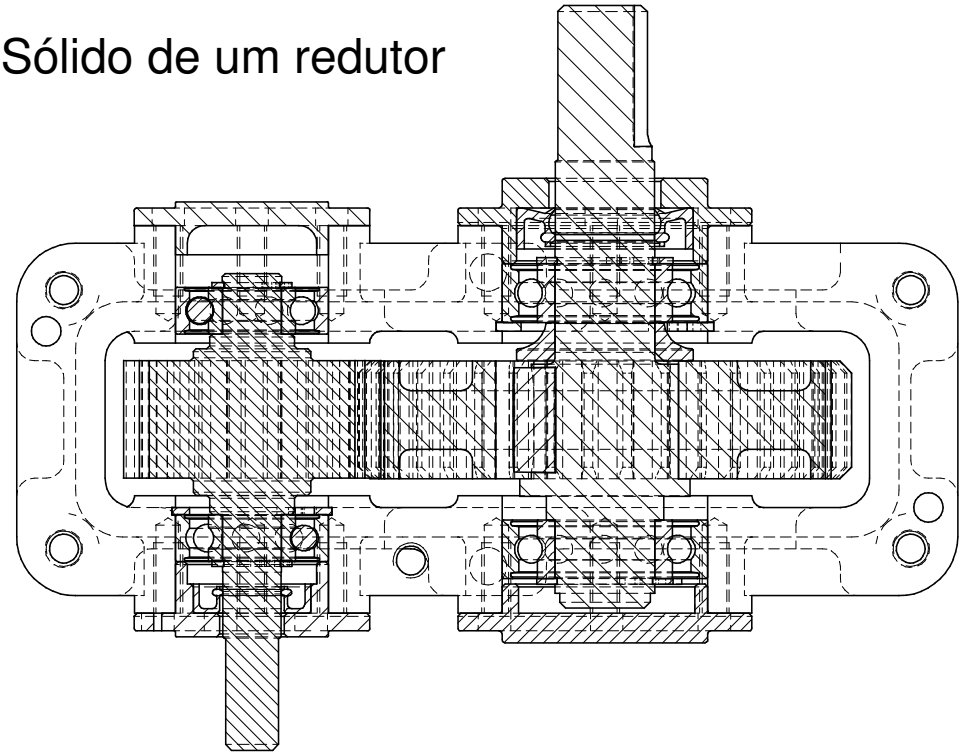
A maioria dos softwares disponibilizam recursos para geração de vistas 2D à partir de modelos sólidos. A vantagem é que os desenhos e modelos sólidos ficam inter-relacionados. Um alteração no modelo 3D altera o modelo 2D, e ainda registra notas de modificações



# Exemplo de Geração de Vistas



Modelo Sólido de um redutor



Vista superior em corte – Pelo Solid Edge v15

Recursos automáticos

“é preciso re-editar a vista para atendimento da normalização”

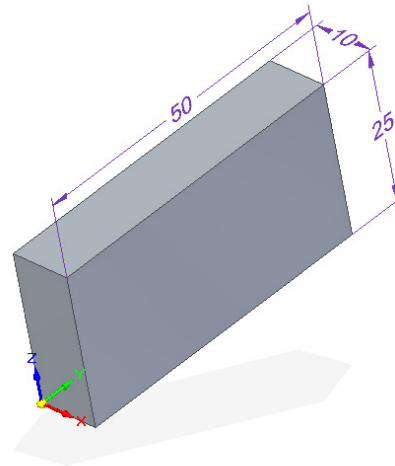
Recursos manuais

# Modelagem Paramétrica

Parametrização é um processo matemático que relaciona e vincula variáveis com coordenadas, primitivas ou operações geométricas em um modelo digital.

É possível controlar uma variável através de uma função relacionada à outra variável e ou através da comunicação com uma planilha externa, por exemplo: software MS Excel.

Este controle permite a regeneração automática do modelo após cada modificação das variáveis, mantendo a proporcionalidade e o formato desejado do objeto.

The image shows two overlapping software windows. The top window is a CAD software 'Variable Table' for a file named 'Tut\_16\_cubo.par'. It contains a table with columns for Type, Name, Value, Rule, and Formula. The bottom window is an Excel spreadsheet titled 'paramet\_tut.xlsm'. The spreadsheet has a table with columns A through E and rows 1 through 5. The table contains the following data:

	A	B	C	D	E
1	Cubo				
2					
3	largura		10		
4	altura		25		
5	Profundidade		50		



Microsoft Excel

Planilha Ortese.xlsm

	A	B	C
1	<b>Componente da Órtese</b>	<b>Medida</b>	<b>Valor</b>
2	Suporte do Antebraço	medida "e"	
3	Suporte do Antebraço	medida "f"	
4	Haste Palmar	medida "j"	
5	Anel de Bloqueio (5º Metacarpo)	medida "b"	
6	Anel de Bloqueio (5º Metacarpo)	medida "a"	
7	Anel D4 (4º Metacarpo)	medida "a"	
8	Anel D3 (3º Metacarpo)	medida "a"	
9	Anel D2 (2º Metacarpo)	medida "a"	
10	Centro (não editável)	-	4,5

Cadastro de Pacientes | Dimensões da Órtese | Pacientes Cadastrados

Solid Edge ST7 - Peça Ordenada - [Antebraço\_va.par]

Antebraço\_va.par

- Em
- Cotas
  - Linear 1
  - Linear 2
- Base
- Material (Nenhum)
- Planos de Referência da Base
- Ordenado
  - Plane 1
  - Sketch 2
  - Sketch 1
  - Plane 4
  - Sketch 4
  - Plane 3
  - Sketch 3
  - Sketch 6
  - Sketch 7
  - Sketch 9
  - Sketch 10
  - Sketch 8
  - Plane 5
  - Sketch 5
  - Protrusion 1
  - Protrusion 2
  - Sketch 11
  - Cutout 11
  - Sketch 12
  - Cutout 121
  - Cutout 122
  - Rascunho 30
  - Recorte 28
  - Rascunho 33
  - Recorte 31
  - Recorte 32

PromptBar  
Selecione geometria ou recursos para editar ou clique em comandos "Sólidos" para criar recursos 3D.

Protrusion 1 | 0 itens são selecionados | Localizador de Coma



## Referências

- Lee, K. “Principles of CAD/CAM/CAE Systems,” Addison-Wesley
- Notas de aula e Tutoriais  
<http://www.ltc.eesc.usp.br/index.php/14-principal/trabalhos/disciplinas/24-desenho-tecnico-mecanico-ii>

# Software: Solid Edge 3D Profissional

Este download gratuito:

- Está disponível para qualquer aluno em atividade ou instrutor de qualquer instituição acadêmica (como universidades credenciadas, faculdades técnicas, escolas de negócios e ensino médio)
- É direcionado para cursos acadêmicos
- É válido por um ano mas pode ser estendido com um novo registro

[https://www.plm.automation.siemens.com/pt\\_br/academic/resources/solid-edge/student-download.cfm](https://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/academic/resources/solid-edge/student-download.cfm)