

Modelagem Geométrica

André Tavares da Silva

andre.silva@udesc.br

Capítulo 7 do “Foley”

Capítulo 4 de Azevedo e Conci

Mortenson (Geometric Modeling)

O que é um **modelo**?

O que é um **modelo**?

Um modelo é uma abstração do real

Modelo

- O propósito de um modelo é de permitir **visualizá-lo**, compreender sua estrutura, seu comportamento e prover um meio conveniente para experimentações e mudanças no mesmo.

Modelagem Geométrica

É a sub-área do Processamento Gráfico que estuda a simulação de formas que definem objetos do mundo real (3D)

Classificações

- Tipo de Objetos
 - Superfície Definida
 - Rígidos
 - Flexíveis/Deformáveis
 - Superfície Indefinida
 - Líquidos: Água, córregos, rios, piscina, oceano....
 - Gases: Fogo, fumaça, vapor, neblina....
- Forma
 - Sólidos
 - Superfícies
- Origem dos Objetos
 - Naturais
 - Manufaturados

	Flexíveis	Rígidos
Naturais	Cabelos Pele/Músculos Plantas/Arbustos/Vegetação Folhas/Flores	Pedras Relevo Árvores-tronco/Frutos
Manufaturados	Fios Tecidos/Roupas	Torneados, Fresados, Extrudados, Soprados, Injetados CAD/CAE

Superfícies

- Foco na aparência externa do objeto (suave)
- Não atendem às restrições dos sólidos
- Representa só a “casca” (sem conteúdo)
- São de forma mais “livre”

Sólidos

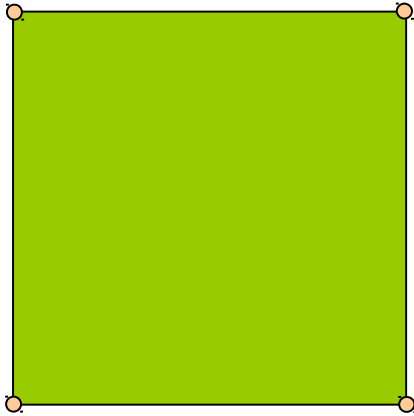
- É uma especialização da Modelagem Geométrica.
- Um sólido é mais que a representação da geometria de um objeto.
- Deve atender a regras de integridade tanto geométricas quanto topológicas objetivando eliminar ambiguidades
- Apresenta propriedades de Finitude, Fechamento, Determinismo dos Limites, Validade, ...
- Define um objeto com superfície definida, limitada e explícita.
- Pode ser maleável, deformável e de elementos da natureza.

Objeto Gráfico

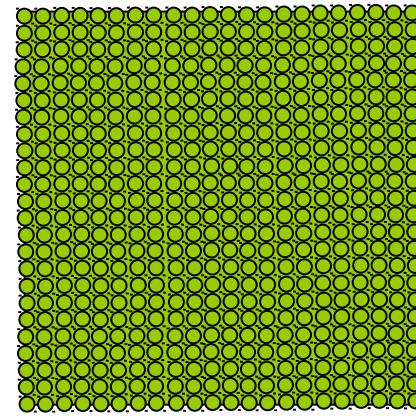
- O que é um objeto gráfico?
 - Representação computacional de uma entidade real ou imaginária.
- Características?
 - Descrição geométrica (forma, posição)
 - Atributos visuais (cor, linha, padrão)
 - Outros atributos (dependentes da aplicação)
 - Dimensão (2D, 3D, etc)
 - Sistema de coordenadas

Objeto Gráfico

- Como representar?



Vetorial



Matricial

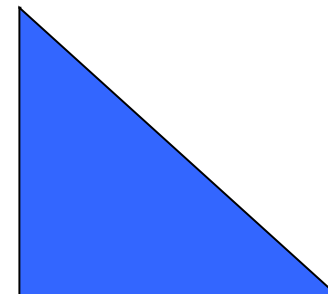
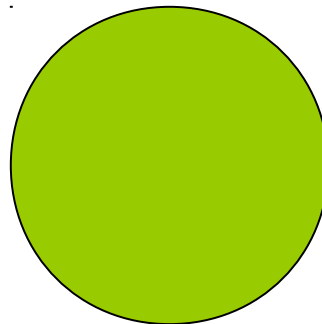
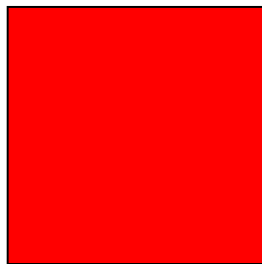
Formas de Representação

Formas genéricas de representação:

- Objetos Primitivos
- Contorno
- Agrupamento
- Enumeração Espacial (Decomposição)

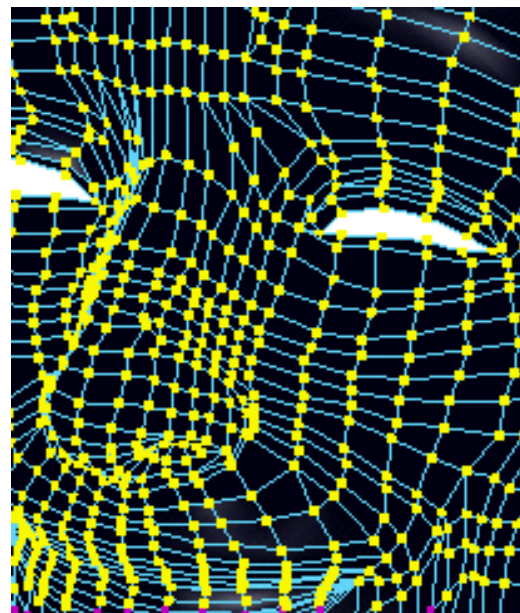
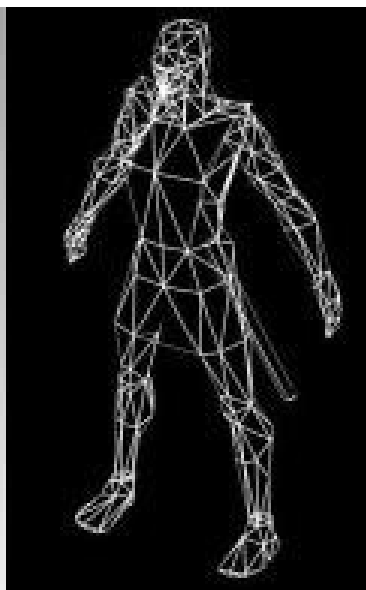
Objetos Primitivos

- Instanciamento de primitivas gráficas:
 - Círculo, elipse, retângulo, triângulo ...
- Estrutura de dados
 - Lista de parâmetros: posição, cor, preenchimento



Contorno

- Segmentos de reta entre vértices
 - **Geometria** (posição dos vértices)
 - **Topologia** (arestas que ligam os vértices)

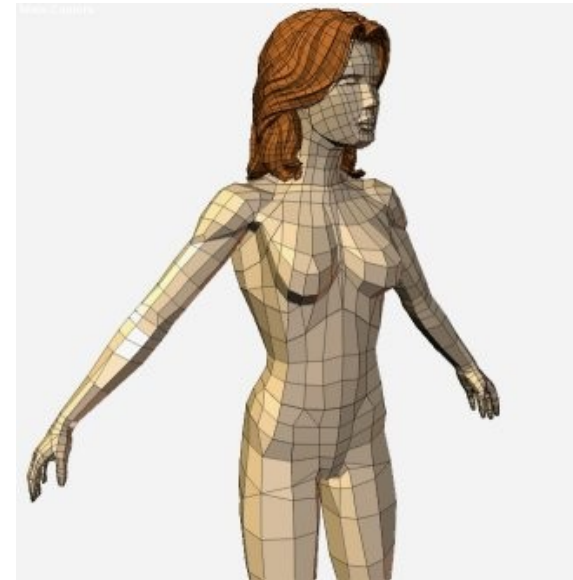


Contorno

- Estrutura de dados ?
 - lista de vértices com as arestas implícitas pela contiguidade
 - lista de arestas entre vértices dados por suas coordenadas (arestas explícitas)
 - lista de vértices + lista de arestas entre vértices

Agrupamento

- Conjunto de objetos
 - Objetos primitivos
 - Contorno
- Estrutura de dados?
 - Composição

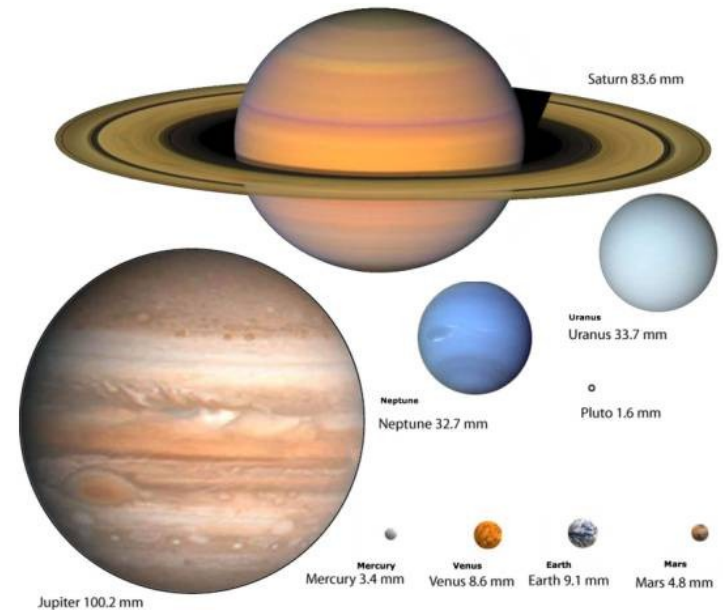


Modelagem Hierárquica

- Um caso especial de modelagem por agrupamento
- Objetos construídos pela combinação de objetos primitivos:
 - Objetos definidos em seu próprio sistema de referência (primitivos)
 - Objetos primitivos instanciados no universo pela aplicação de transformações geométricas
 - Sistemas de referência **dependentes**.

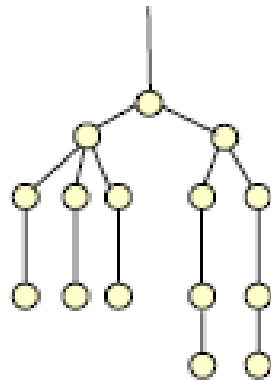
Modelagem Hierárquica

- Objetos são organizados em uma estrutura do tipo árvore
- Exemplos:
 - Sistema Planetário
 - Luas giram em torno de planetas
 - Planetas giram em torno de um sol
 - Sois se movimentam em uma galáxia



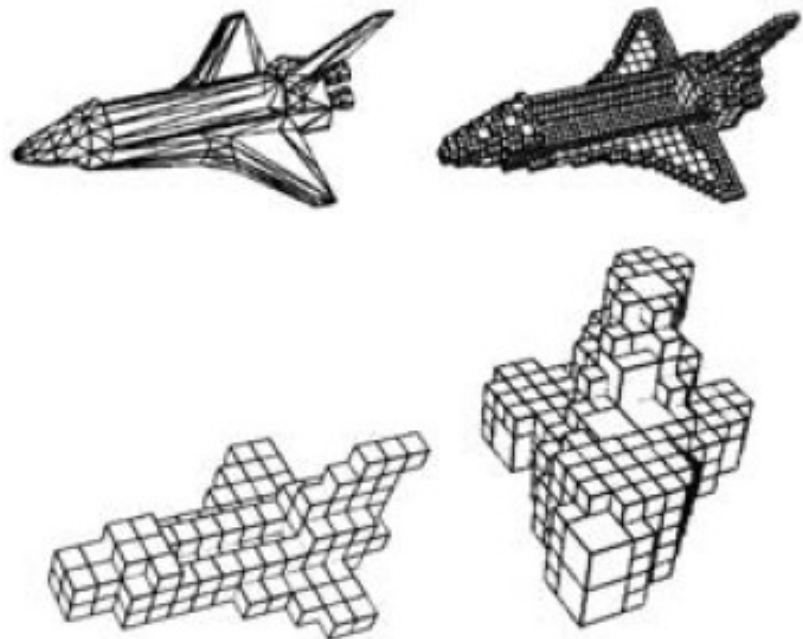
Modelagem Hierárquica

- Objetos são organizados em uma estrutura do tipo árvore
- Exemplos:
 - Sistema Planetário
 - Corpos Articulados



Enumeração Espacial (Decomposição)

- Objetos são representados por uma coleção de objetos primitivos, geralmente paralelepípedos.



Modelagem Geométrica

Técnicas de modelagem

- Wireframe
- Malhas de Polígonos
- B-Rep
- Sweep
- CSG
- Quadtrees e Octrees

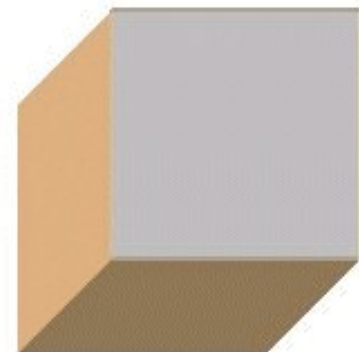
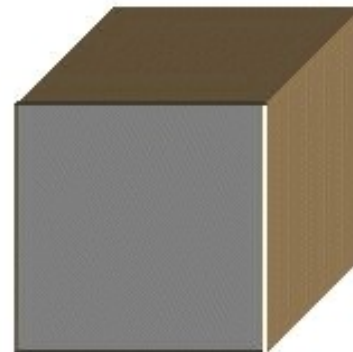
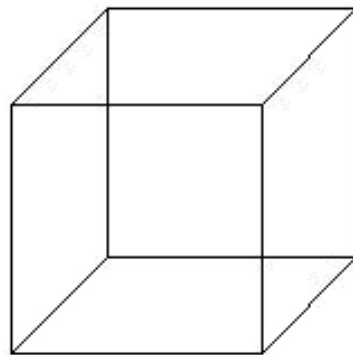
Wireframe

- Representa objetos por meio de arestas
 - Estrutura de arame = *wireframe*
- Elementos
 - Coordenadas dos vértices
 - Ligações entre vértices (arestas)



Wireframe

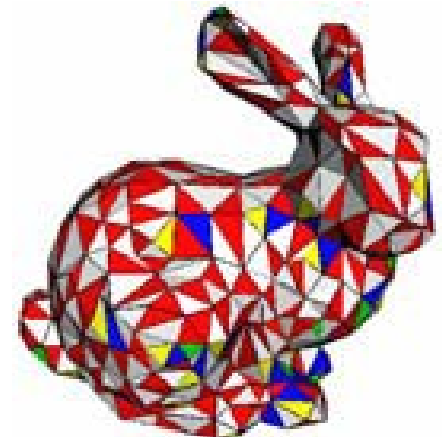
- Limitações
 - Objetos vazados
 - Ambigüidade
 - Não armazena informação de
 - superfície
 - interior



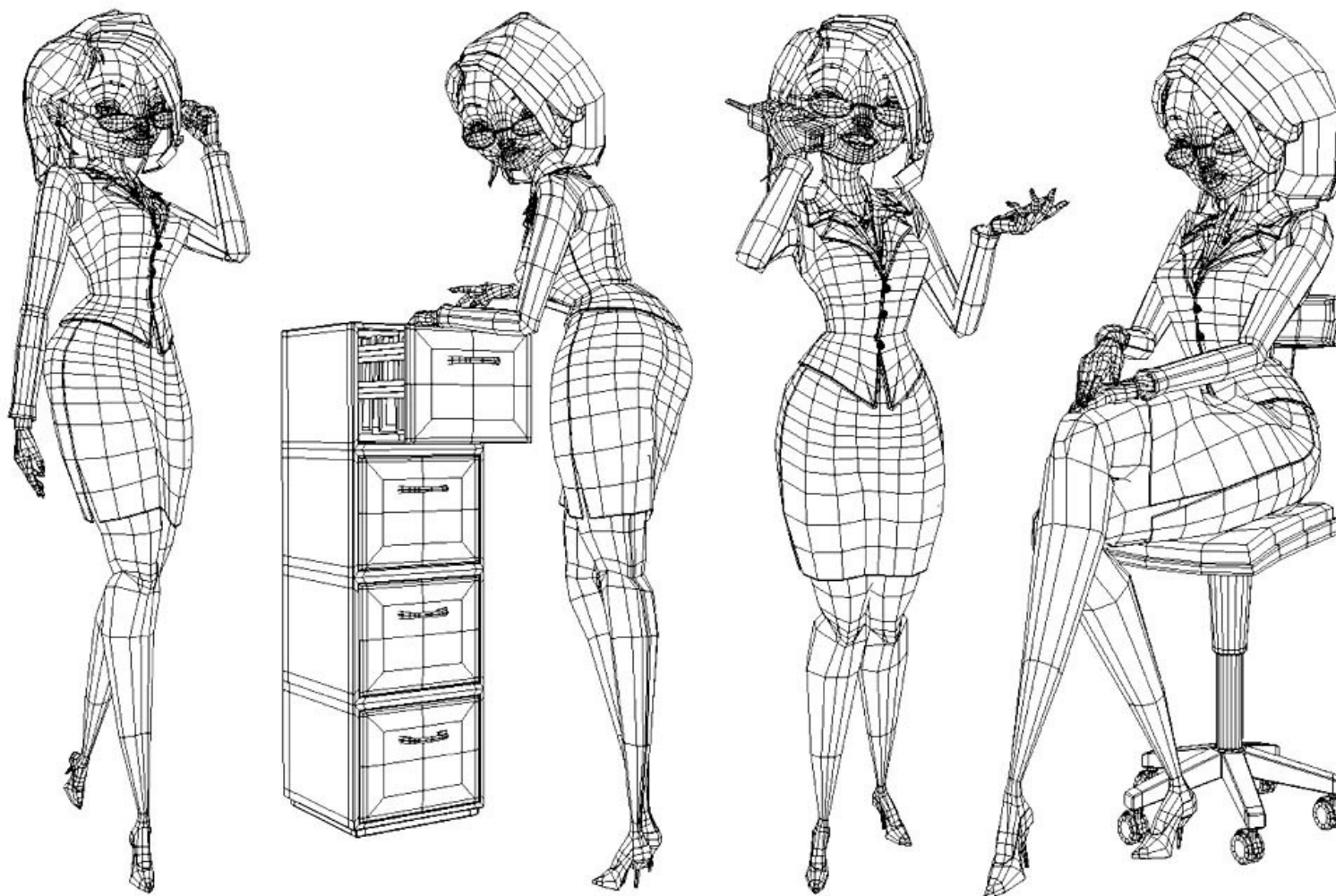
Malhas de Polígonos

“Polygon meshes”

- Representam uma superfície discretizada em faces planas
- Elementos
 - Coordenadas dos vértices
 - Ligação entre os vértices (arestas)
 - Definição do plano (faces)



Malhas de Polígonos



Malhas de Polígonos

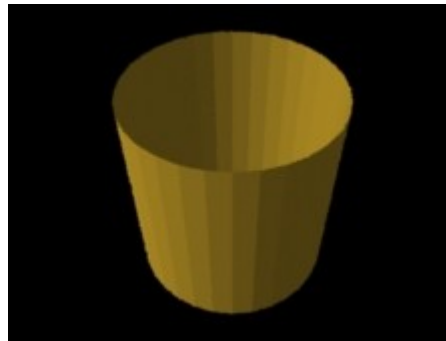
- Malhas de polígonos são coleções de polígonos (ou faces) que, juntos, formam a “pele” de um objeto
- Forma rápida e prática para representar objetos
- Problema: representar objetos curvos
- Solução: ?

Malhas de Polígonos

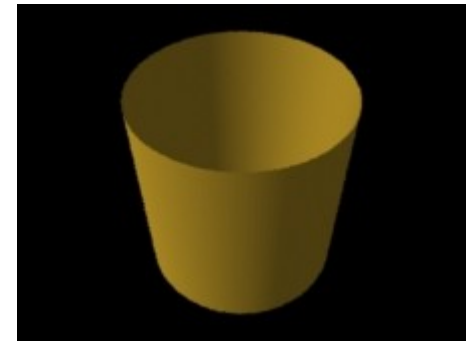
Aproximação



8 retângulos



32 retângulos



128 retângulos

Malhas de Polígonos

- Limitações
 - Superfície não é suave
 - Não armazena informação sobre o interior
 - Objeto não é necessariamente um sólido
 - Por quê a preferência por triângulos?

Sólidos

Representação de Sólidos

- Representação do interior dos objetos.
- Aspectos fundamentais:
 - Determinação de pontos dentro/fora do objeto
 - Determinação de pontos na superfície
 - Superfície “válida” (consistente)

Representação Implícita

- Objetos são descritos por equações
 - $f(x,y,z) = 0$
- Conveniente para representação de famílias de objetos
 - Ex: esferas, elipsoides, cilindros
 - compacta
 - precisa
- Só é necessário o conjunto de parâmetros

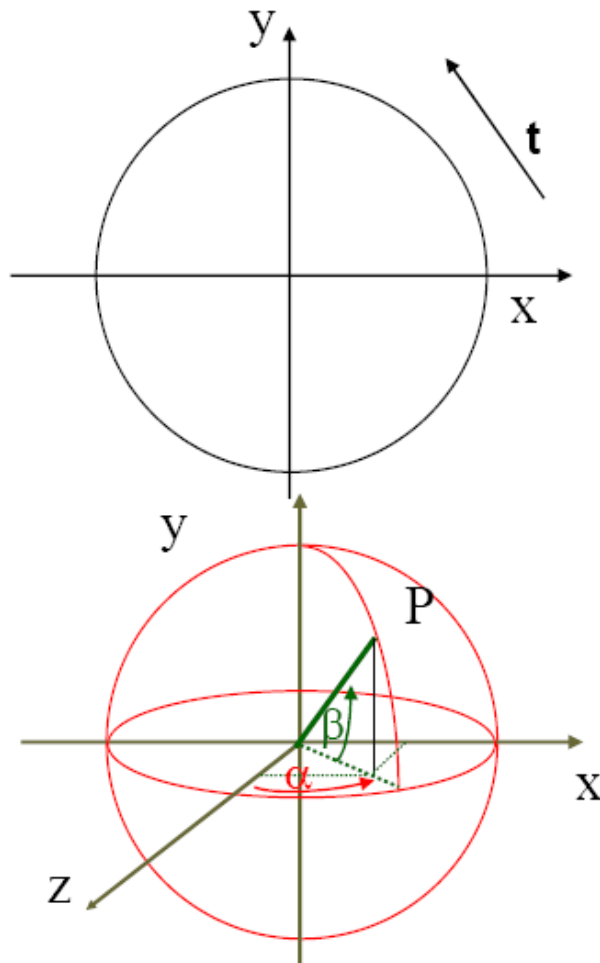
Representação Implícita

- Exemplo: esfera (centrada na origem)

$$x^2 + y^2 + z^2 = r$$

- Fácil calcular:
 - vetor normal
 - ponto está/não está na superfície
 - ponto está dentro/fora do objeto
- Difícil desenhar e manipular interativamente

Representação Paramétrica



- Exemplo 2D: círculo

$$x(t) = r \cdot \cos(t)$$

$$y(t) = r \cdot \sin(t)$$

$$0 \leq t \leq 2\pi$$

- Exemplo 3D: esfera

$$x(\alpha, \beta) = r \cdot \cos(\beta) \cdot \sin(\alpha)$$

$$y(\alpha, \beta) = \dots$$

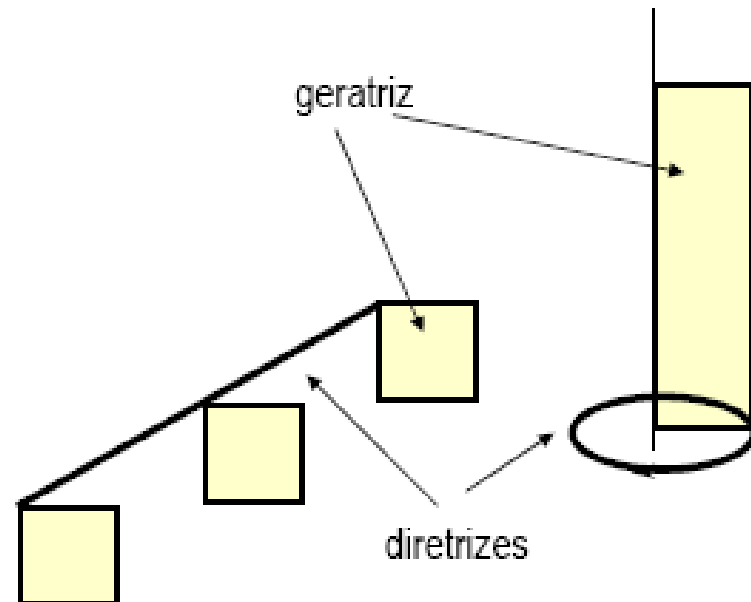
$$z(\alpha, \beta) = \dots$$

$$0 \leq \alpha, \beta \leq 2\pi$$

Sweep

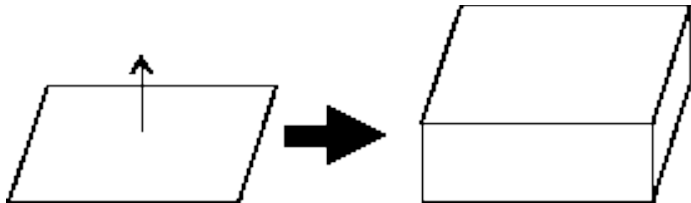
Sólidos de varredura (sweep representation)

- Trajetórias:
 - Translacional
 - Rotacional
 - Helicoidal



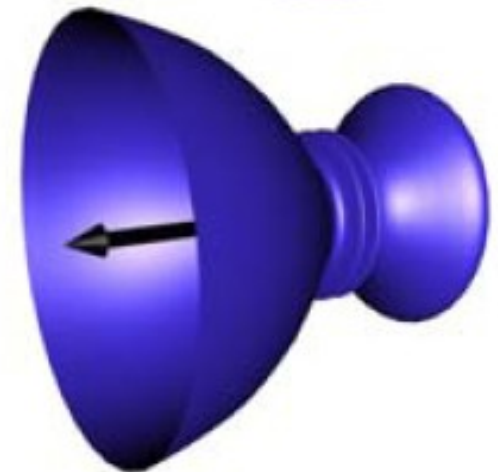
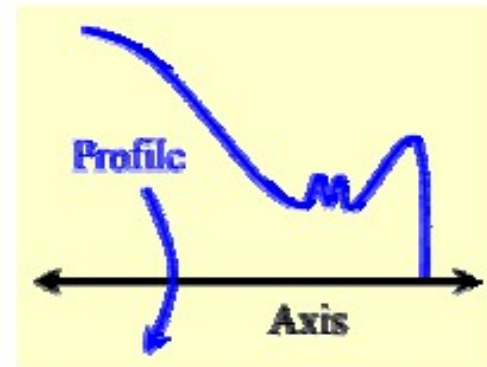
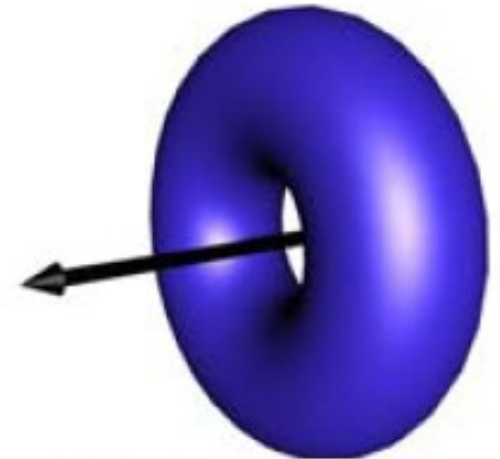
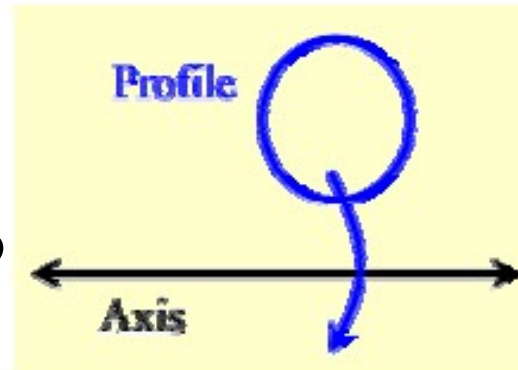
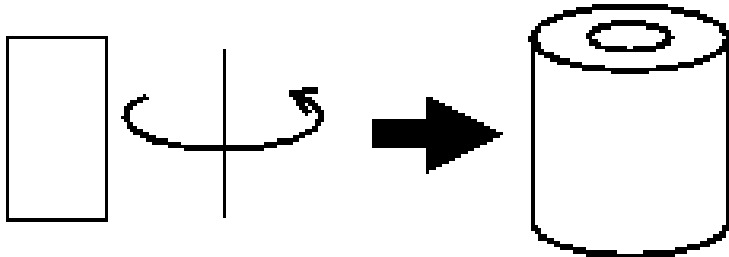
Sweep Translacional

Sweep Translacional:
quando a trajetória é uma
linha (reta ou curva).



Sweep Rotacional

Sweep Rotacional:
quando a trajetória é um círculo
(pode ser ao redor de um dos
eixos ou não).



Sweep

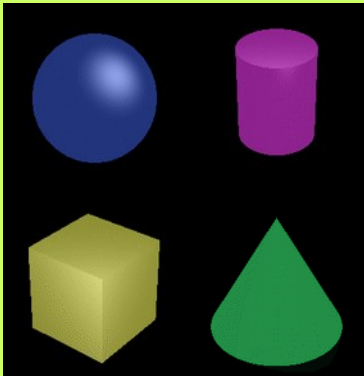
- ATSWorlds
 - Gera objetos VRML a partir da técnica de Sweep.

CSG (Constructive Solid Geometry)

Geometria Sólido Construtiva

Primitivas Geométricas

- Cilindro
- Cone
- Cubo
- Esfera



Operações Booleanas

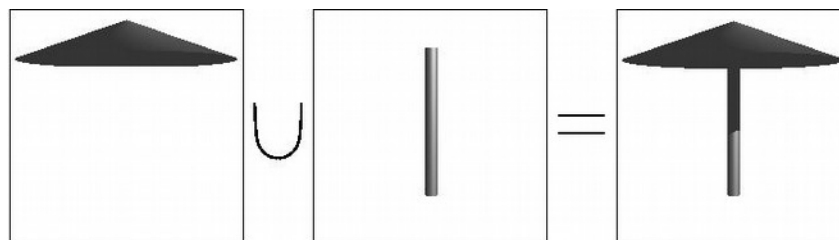
- União
- Intersecção
- Diferença

Transformações Geométricas

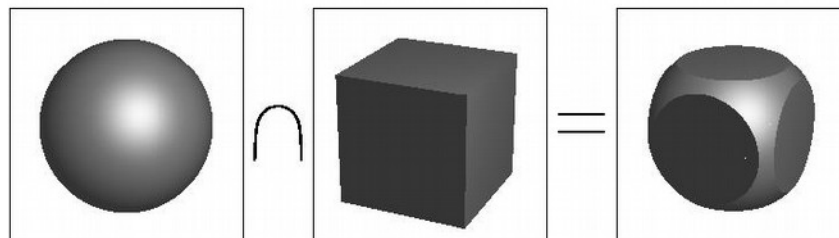
- Escala
- Rotação
- Translação

CSG

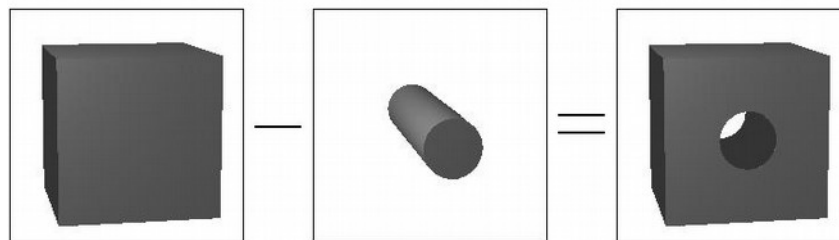
União

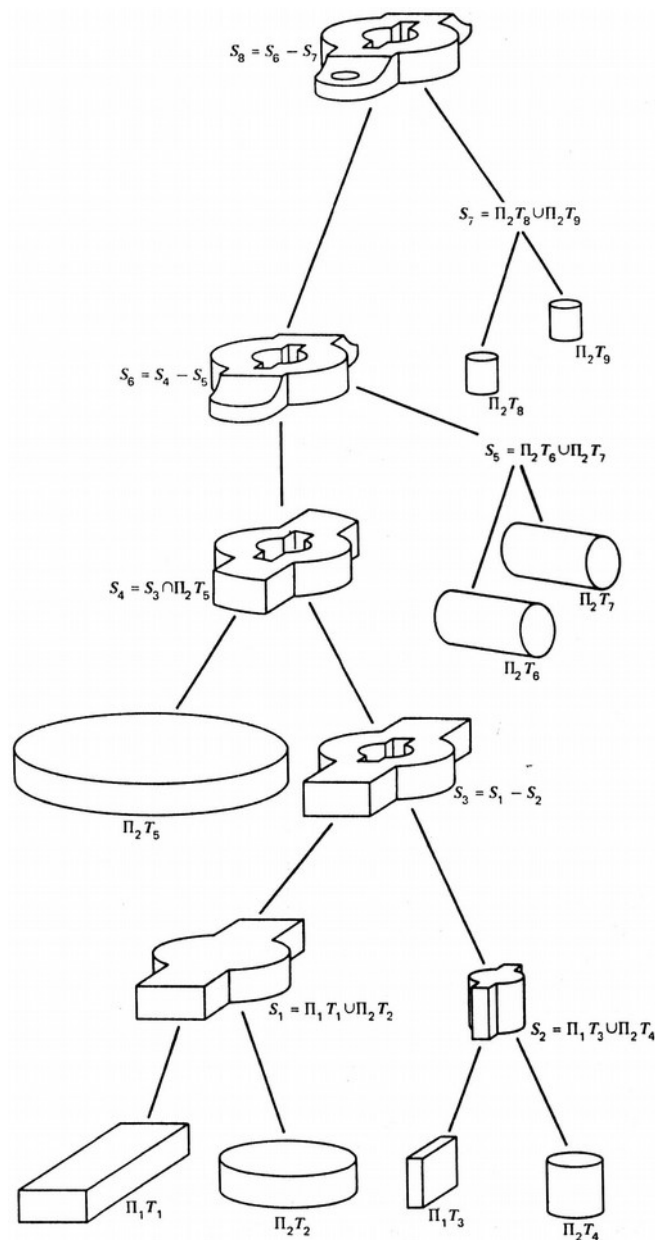


Intersecção



Diferença





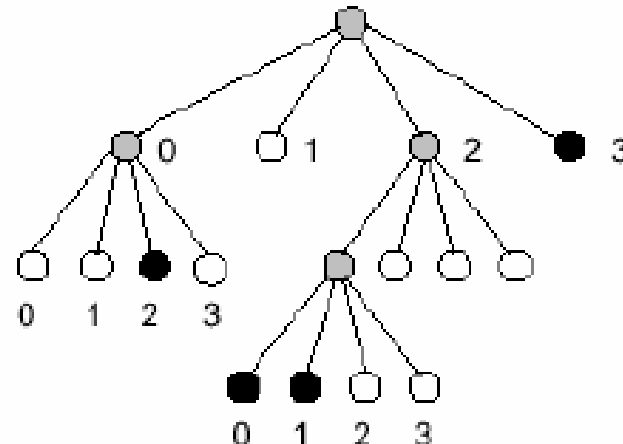
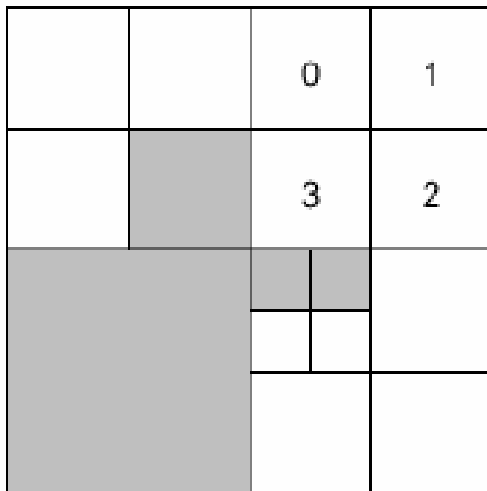
Enumeração

Quadtree (2D)

Octree (3D)

Quadrees

- Subdivisão do plano de forma adaptativa;
- Subdivisão contínua até que um determinado nível de detalhe seja atingido.

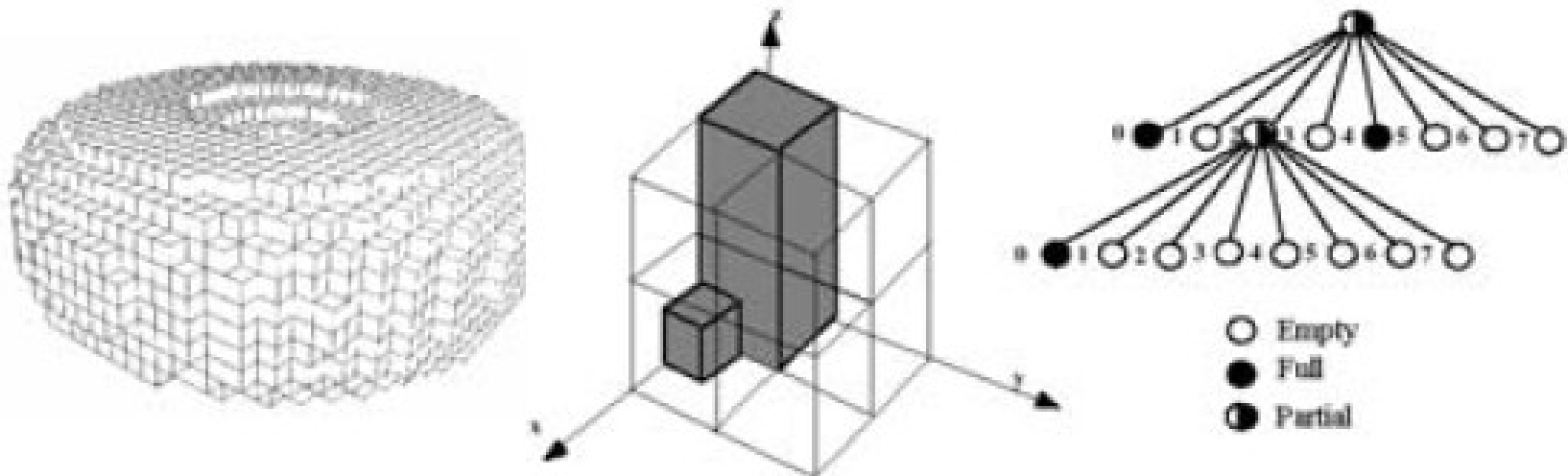


Enumeração Espacial

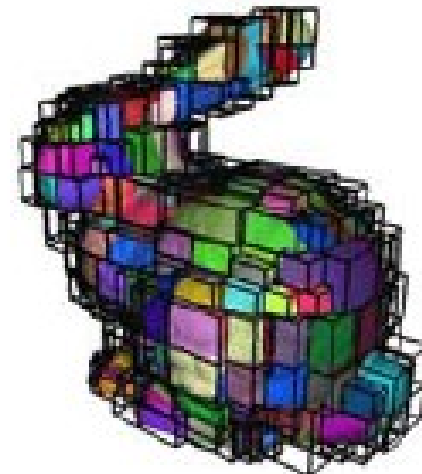
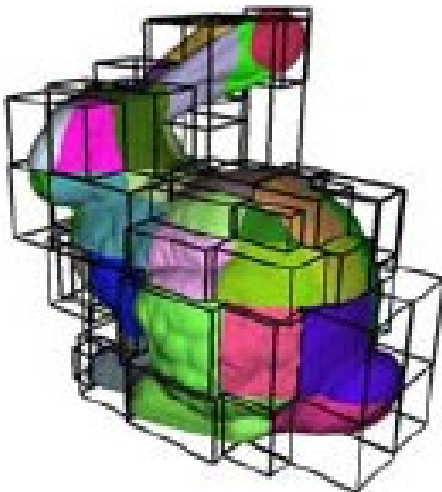
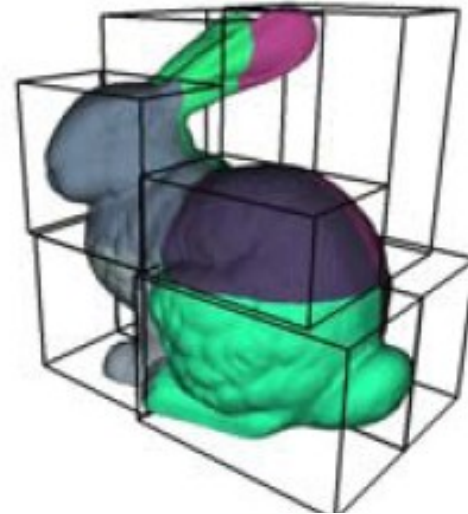
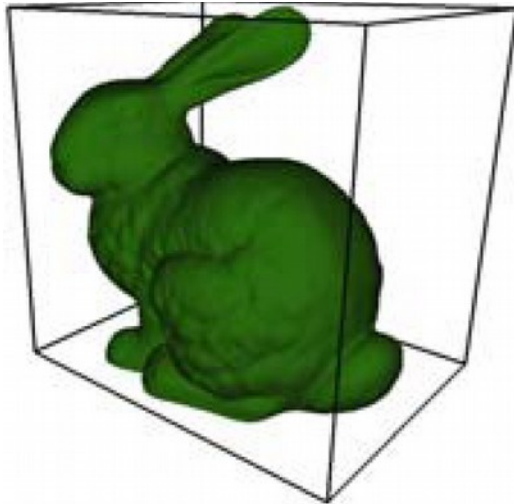
- Os objetos são descritos por meio de cubos dispostos matricialmente;
- Cada cubo é chamado de "voxel" (volume element);
- A representação por enumeração é muito usada em aplicações biomédicas, pois permitem a descrição fiel de espaço interior altamente irregular.

Octrees

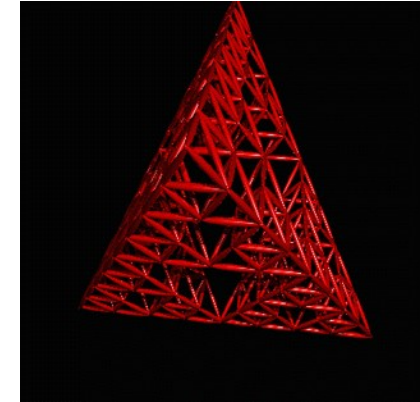
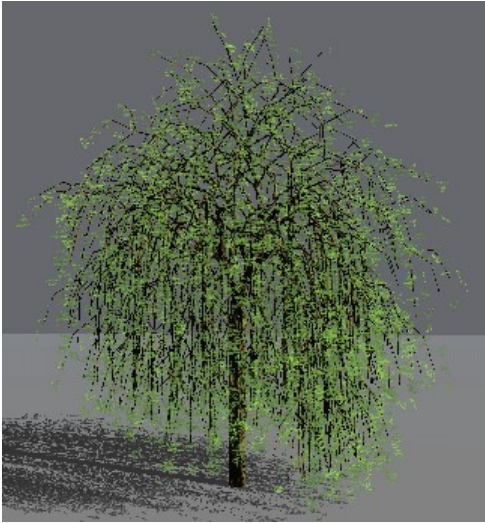
- Extensão para 3D
 - Voxels correspondem a pixels em 3D
 - Enumeração força-bruta classificando as células do espaço como cheias ou vazias.



Octrees



Procedurais



L-Systems (Przemyslaw Prusinkiewicz)