

Modelagem Geométrica

André Tavares da Silva

andre.silva@udesc.br

Capítulo 12 do “Foley”

Capítulo 4 de Azevedo e Conci

Capítulo 11 de Mortenson

Representações

- Decomposição Espacial
 - Quadtrees
 - Octrees
 - BSPtree
- CSG – Geometria Sólido-Construtiva
- B-Rep (**B**oundary **R**epresentation)

Representação por Enumeração da Ocupação Espacial ou Decomposição

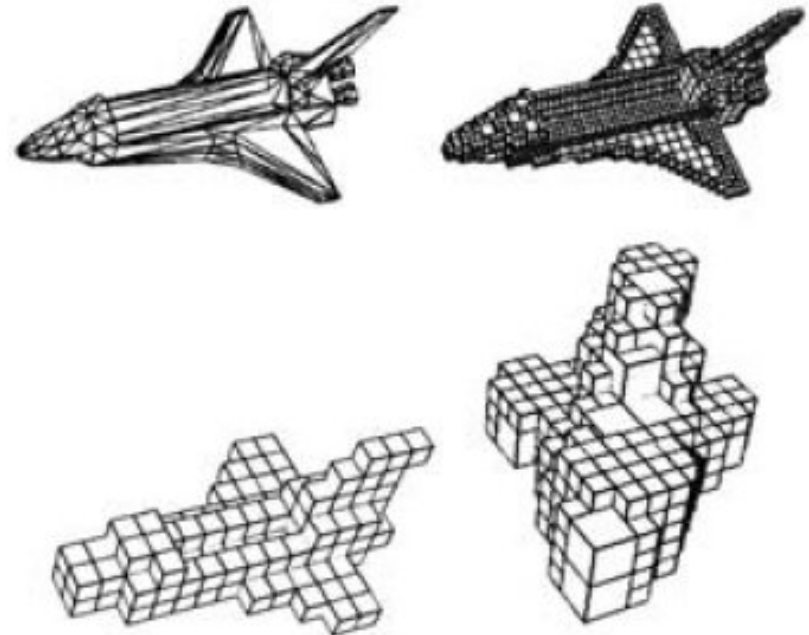
- Existem duas formas de representação por decomposição:
 - Representação **uniforme (Enumera)**
 - Representação **não-uniforme (Decompõe)**.

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.

Enumeração Espacial (Decomposição)

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



Representação Uniforme

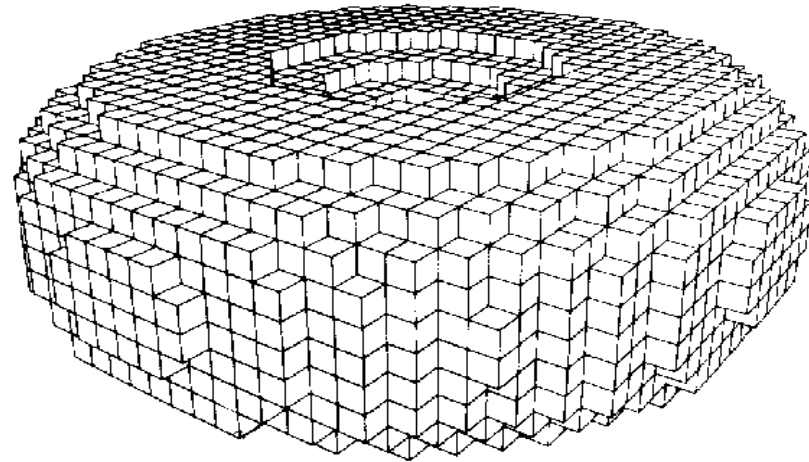
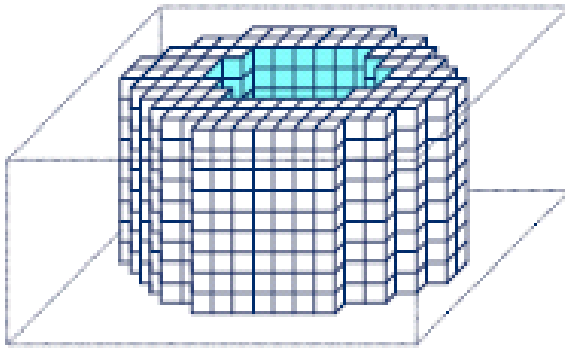
- Na representação uniforme, a subdivisão espacial mais utilizada é a que se baseia em um **reticulado uniforme**.
- Esse esquema dá origem a uma **representação matricial**.

Representação Matricial

- Essa representação estende a representação matricial de regiões 2D.
 - Estrutura de dados é uma **MATRIZ 3D!!**
- Nela definimos um reticulado a partir do produto cartesiano de partições uniformes de intervalos dos eixos coordenados.
- Cada célula do reticulado está associada a um paralelepípedo que é denominada **voxel** (*volume element*), da mesma forma que *pixel* é um *picture element*...

Voxels (células quadrangulares)

(ver Foley:549)



*fêmur
voxelizado*

Representação Matricial

- Cada *voxel* possui uma amostra dos valores de atributos na região associada, pertencente ao sólido.
- A representação matricial é também denominada **representação volumétrica**.
- Pode ser entendida como uma *imagem 3D* onde os *voxels* fazem o papel dos *pixels*.

Representação matricial

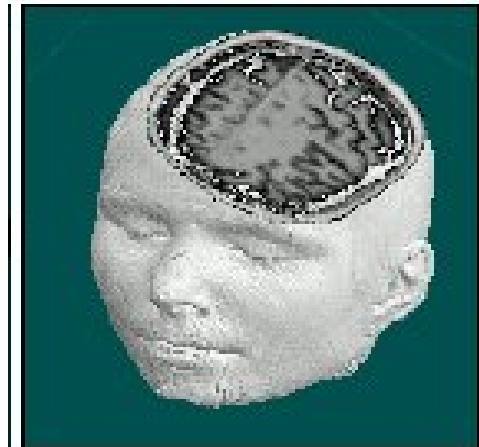
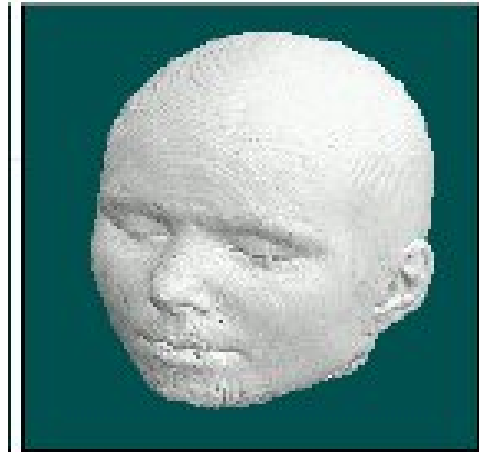
Vantagens (A&C:135):

- Para determinar se um ponto pertence ao sólido, basta verificar se pertence a algum dos seus *voxels*;
- É fácil determinar se dois objetos se interceptam;
- É fácil realizar operações booleanas.
- É fácil obter propriedades de massa e volume.

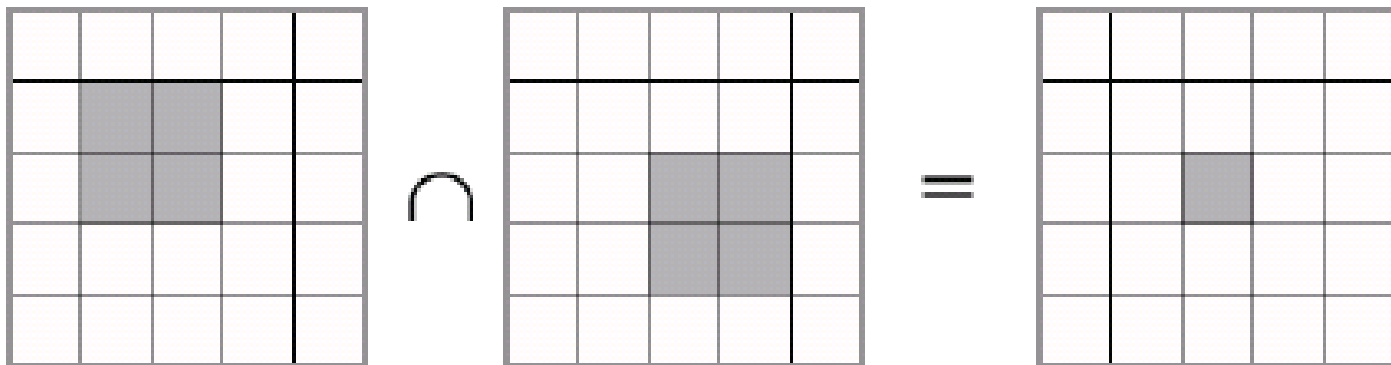
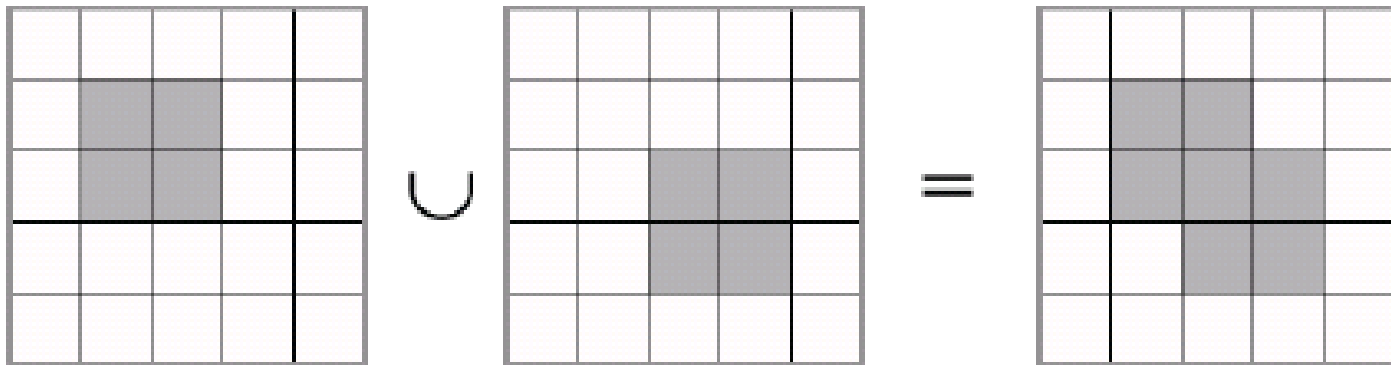
Representação matricial

Vantagens:

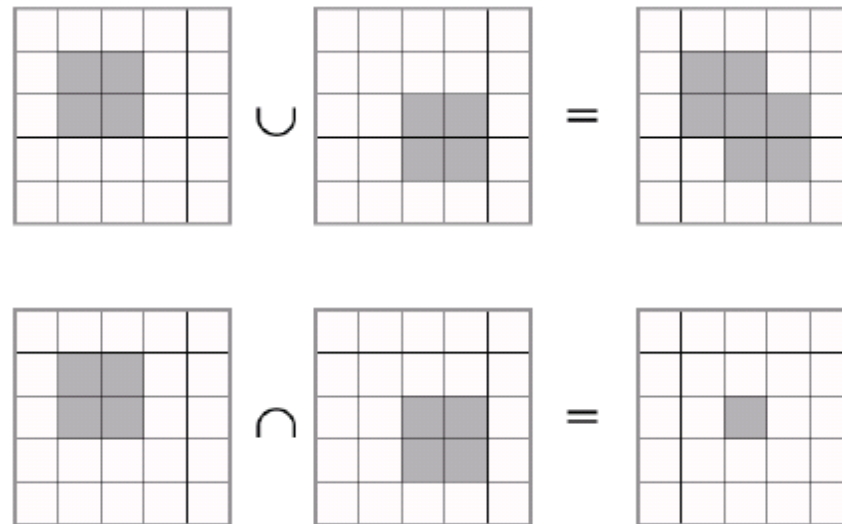
- Diversas técnicas de análise e processamento de imagens podem ser aplicadas.
- A visualização é simples devido a sua estrutura simples (*volumetric rendering*)
- É uma representação utilizada pela grande maioria dos equipamentos de captura de objetos volumétricos.



Operações Booleanas de *Voxels* (*exemplo em 2D*)



Operações Booleanas de *Voxels* (*exemplo em 2D*)



- União: +/OR; Interseção: */AND
- E a diferença?

Características de *Voxels*

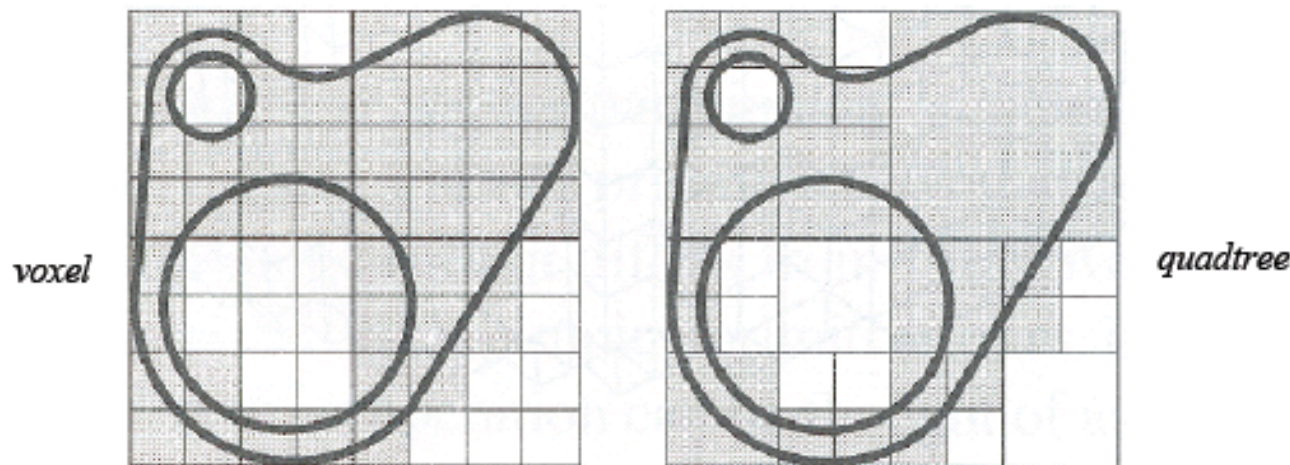
- Muito utilizado em Visualização Volumétrica
- Eficiente (para operações booleanas regularizadas)
 - Trabalha no domínio dos números inteiros
- Tem unicidade
- Domínio: Representa qualquer sólido.
- A precisão depende do tamanho/forma do *voxel*
- Não é ambígua, fácil de validar
- Não é concisa
 - Muito espaço é perdido (na matriz) para representar o vazio.
 - Pode ser otimizado pela representação de matrizes esparsas ou técnicas associadas

Representação por Decomposição **Não Uniforme** com Variação de Tamanho

Recursiva/Adaptativa

- 2D – *Quadtree* (árvore de quadrantes)
- 3D – *Octree* (árvore de octantes)
- Caracterizam-se por uma estrutura de dados hierárquica, espacialmente endereçável e naturalmente pré-ordenada (Árvore);
- Simplifica operações tais como: a detecção de interseção de objetos, localização de um ponto ou de um bloco no espaço, remoção de superfícies escondidas.

Árvore de Quadrantes (*Quadtree*)



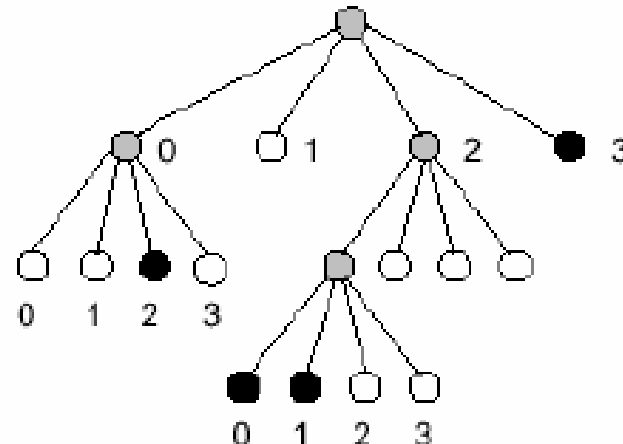
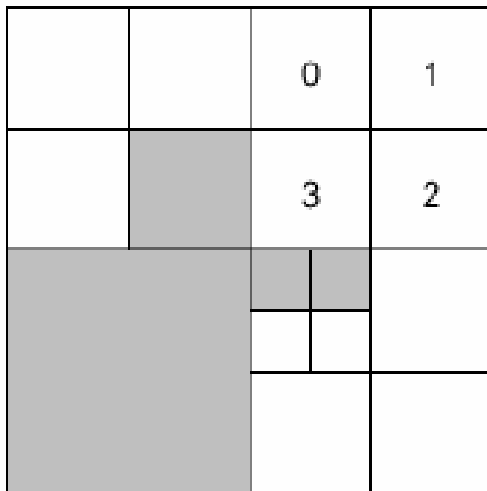
Convenção (neste caso):

FULL = onde tem objeto ou parte do objeto

EMPTY = onde não tem nada do objeto

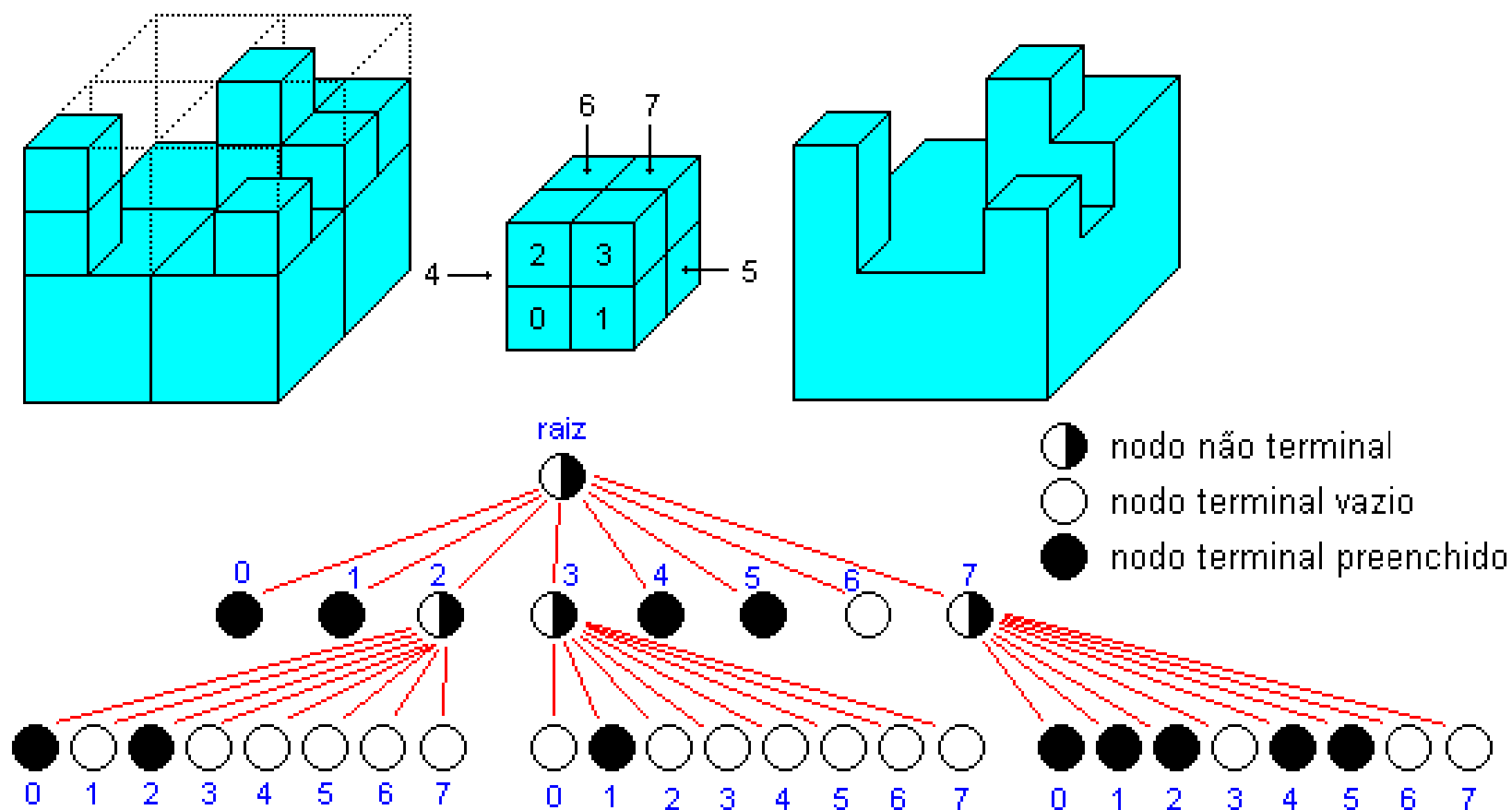
Quadrees

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



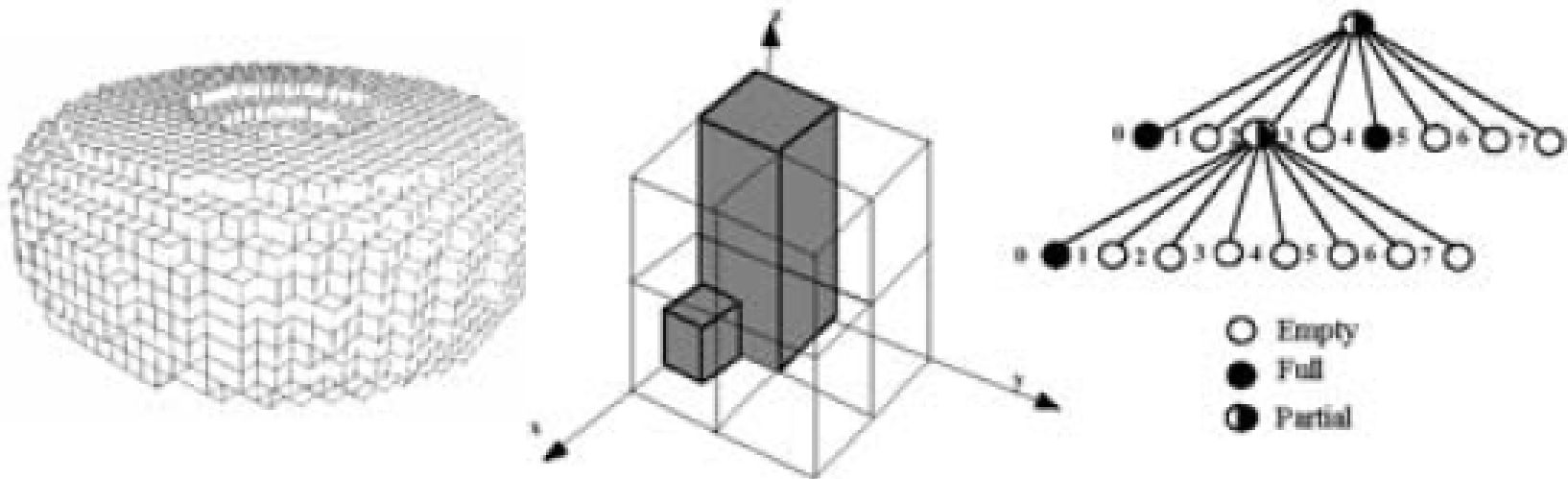
Octree

Árvore de Octantes (*Octree*)

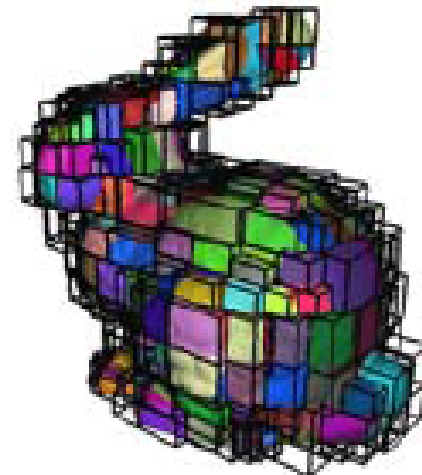
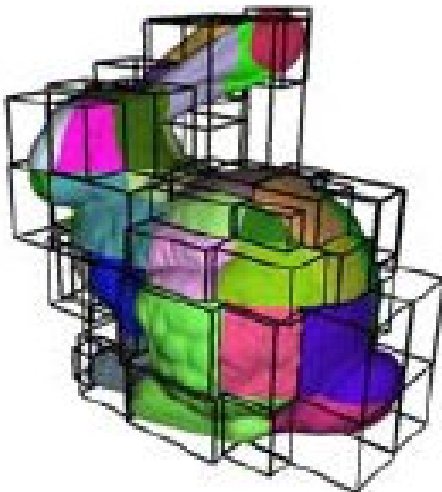
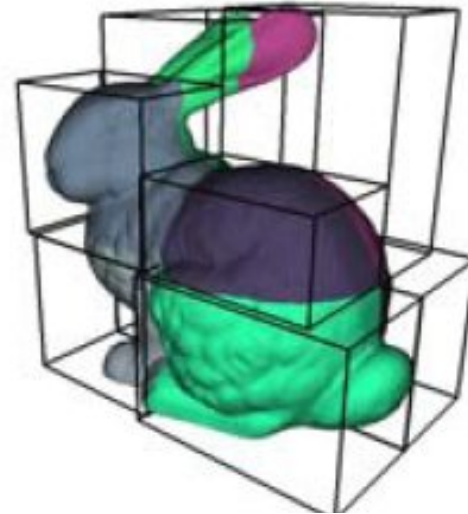
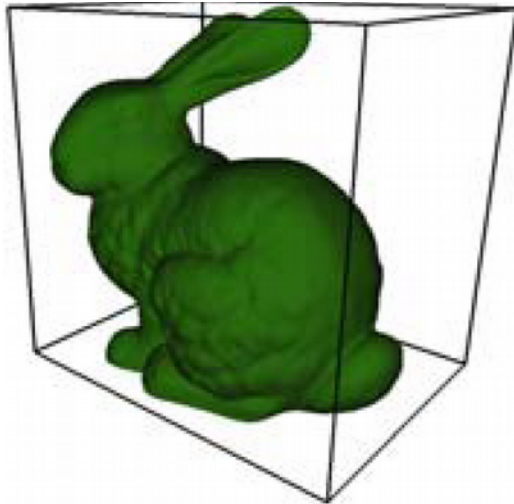


Octrees

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



Octrees



BSP Tree

(Azevedo e Conci, pg 139)

Características (Foley 1996:555)

- Criada como algoritmo de visibilidade em 1980
- Posteriormente usada para representar poliedros quaisquer
- É uma árvore binária que indica que o objeto está em um dos lados das ramificações
- Permite representar côncavos e convexos
- Potencialmente não compacta
- Elegante e simples conceitualmente

BSP Trees

- A ideia é basicamente a mesma de *Octree*
- Entretanto o espaço é sucessivamente dividido em 2 partes (daí o nome) convexas por um plano de corte
- O algoritmo específico de subdivisão varia conforme o propósito de aplicação do modelo final (detecção de colisão, visibilidade, operações booleanas,...)

Polygon-Aligned BSP Trees

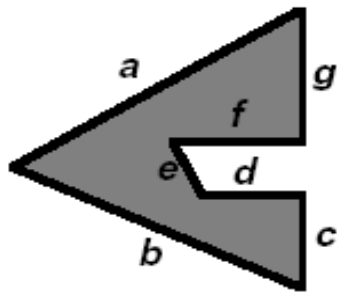
(Foley 1996 12.6 p555)

Partição Espacial Binária

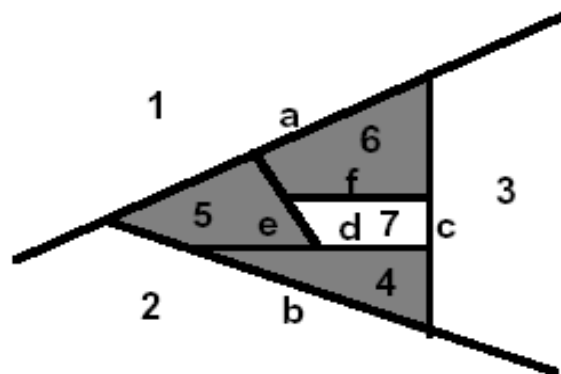
Lado direito da **árvore** (não da divisora) = não tem objeto

Lado esquerdo da **árvore** = tem (parte do) objeto

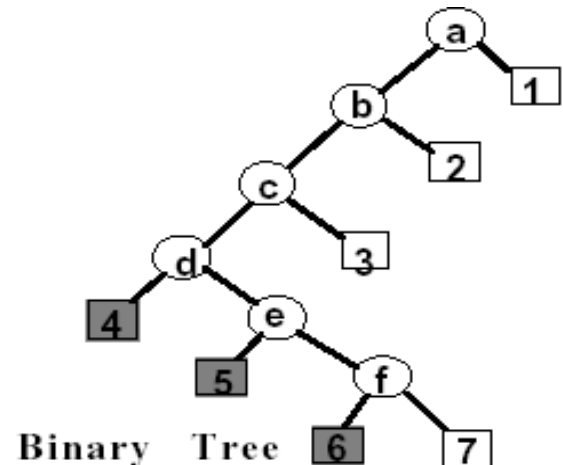
Sequencia de divisão: maior aresta, depois segue CCW



Original B-rep



Spatial Partitioning



Binary Tree

Representação por Geometria Sólida Construtiva

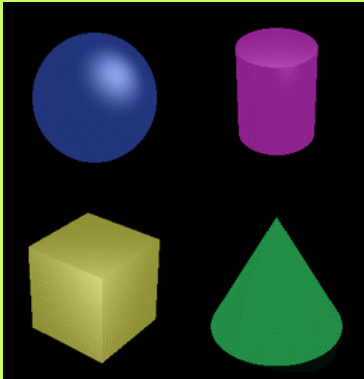
CSG (*Foley 1996 12.7*)

CSG (Constructive Solid Geometry)

Geometria Sólido Construtiva

Primitivas Geométricas

- Cilindro
- Cone
- Cubo
- Esfera



Operações Booleanas

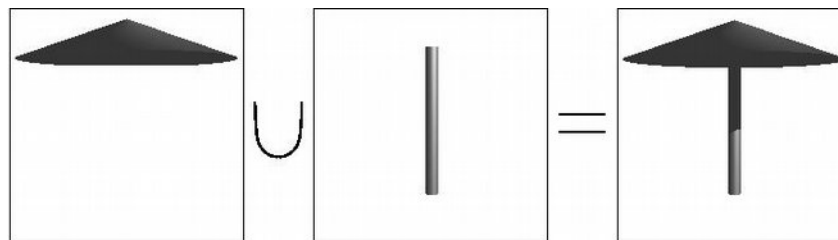
- União
- Intersecção
- Diferença

Transformações Geométricas

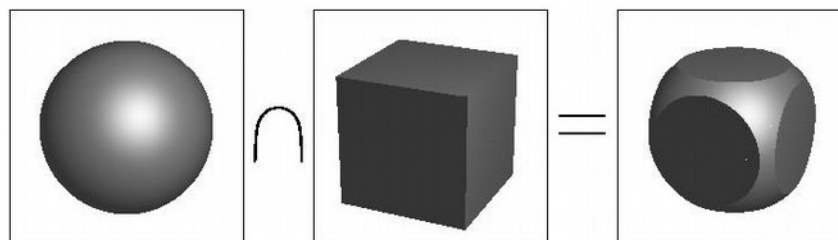
- Escala
- Rotação
- Translação

CSG

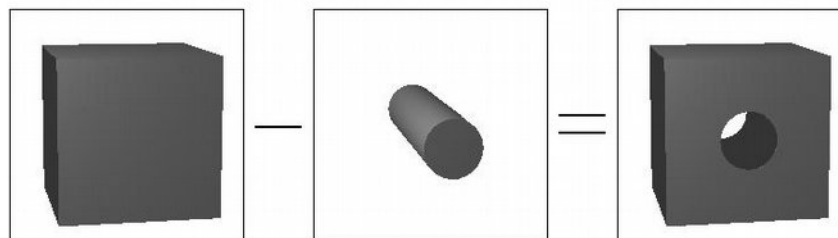
União

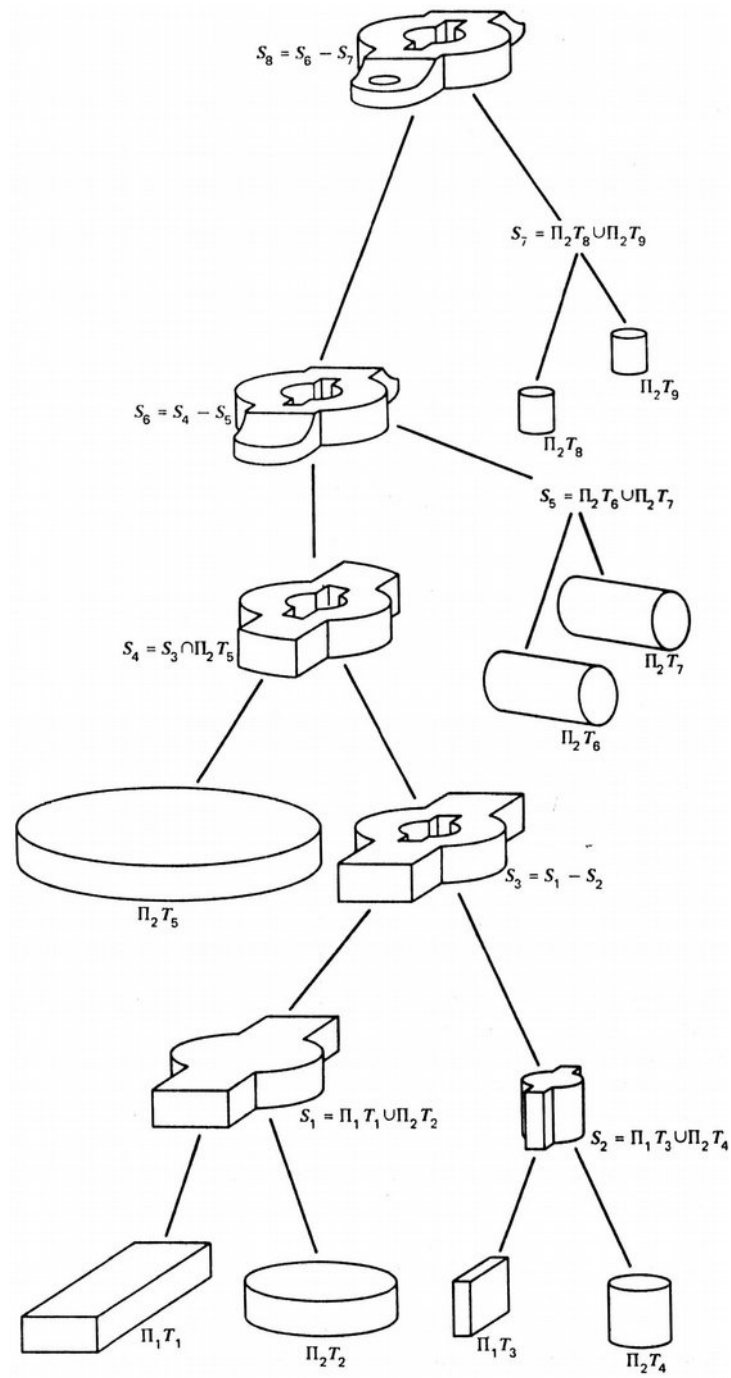


Intersecção



Diferença

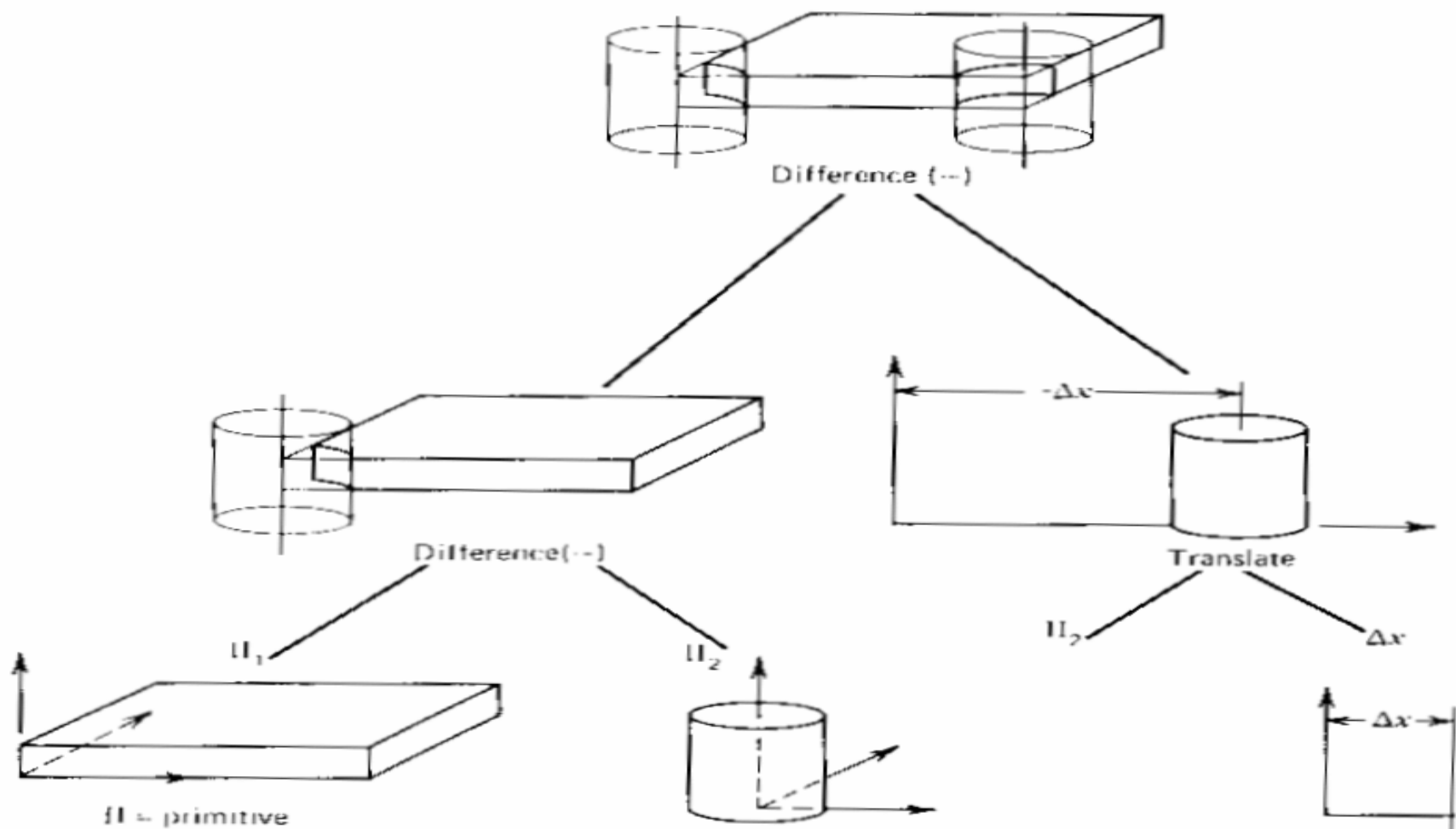




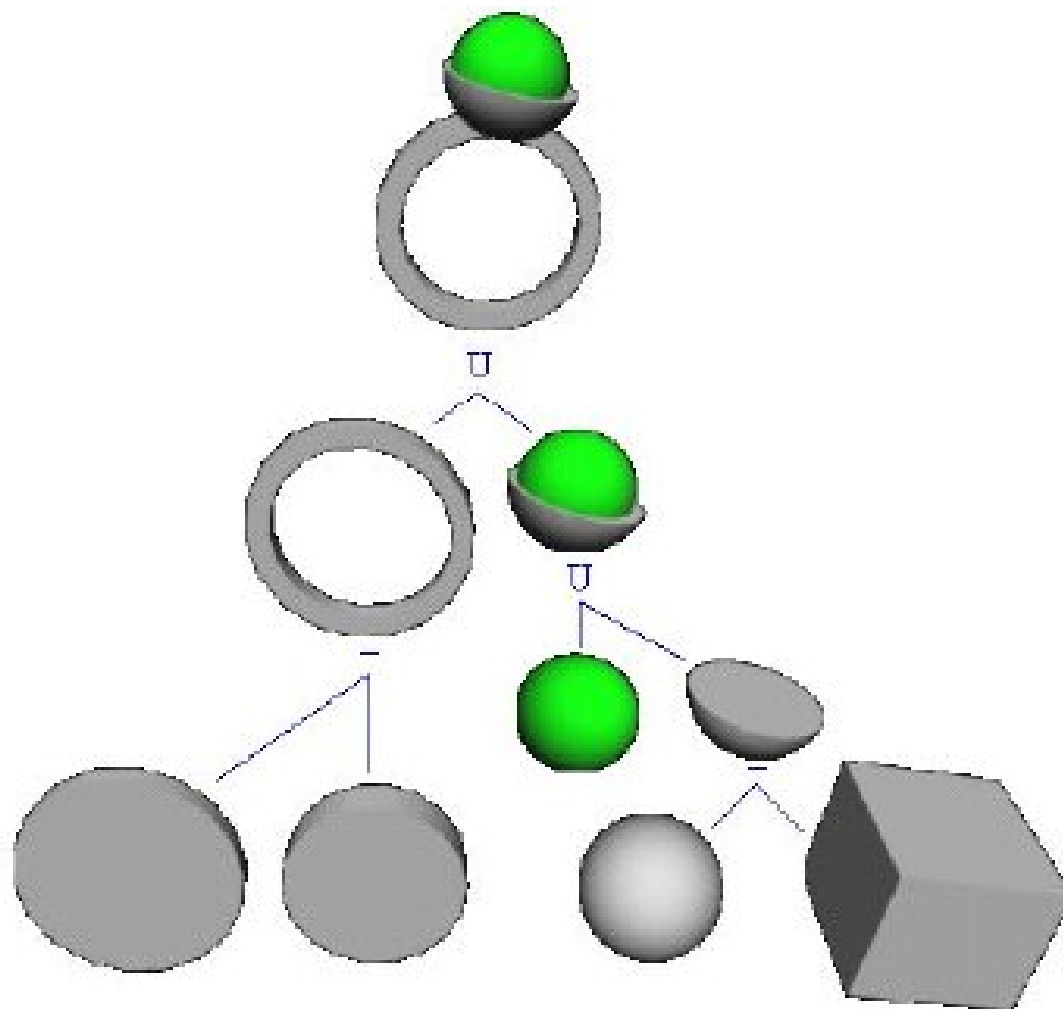
Definição do CSG

- **Armazenam as Operações Booleanas**
- Armazenam a história da construção do objeto, as “intenções de projeto”
- Não armazena os resultados intermediários (nem finais)

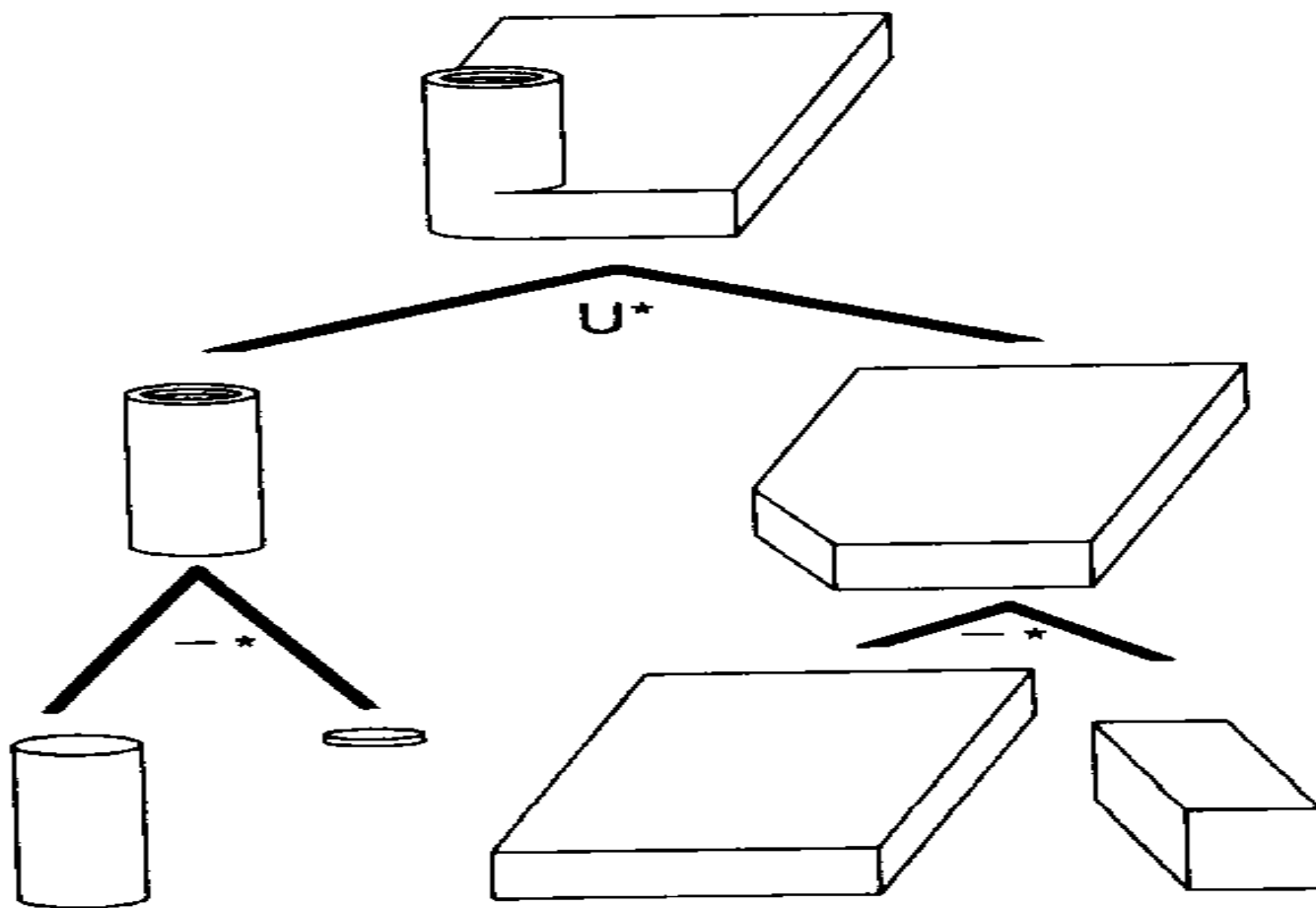
Exemplo de Árvore CSG



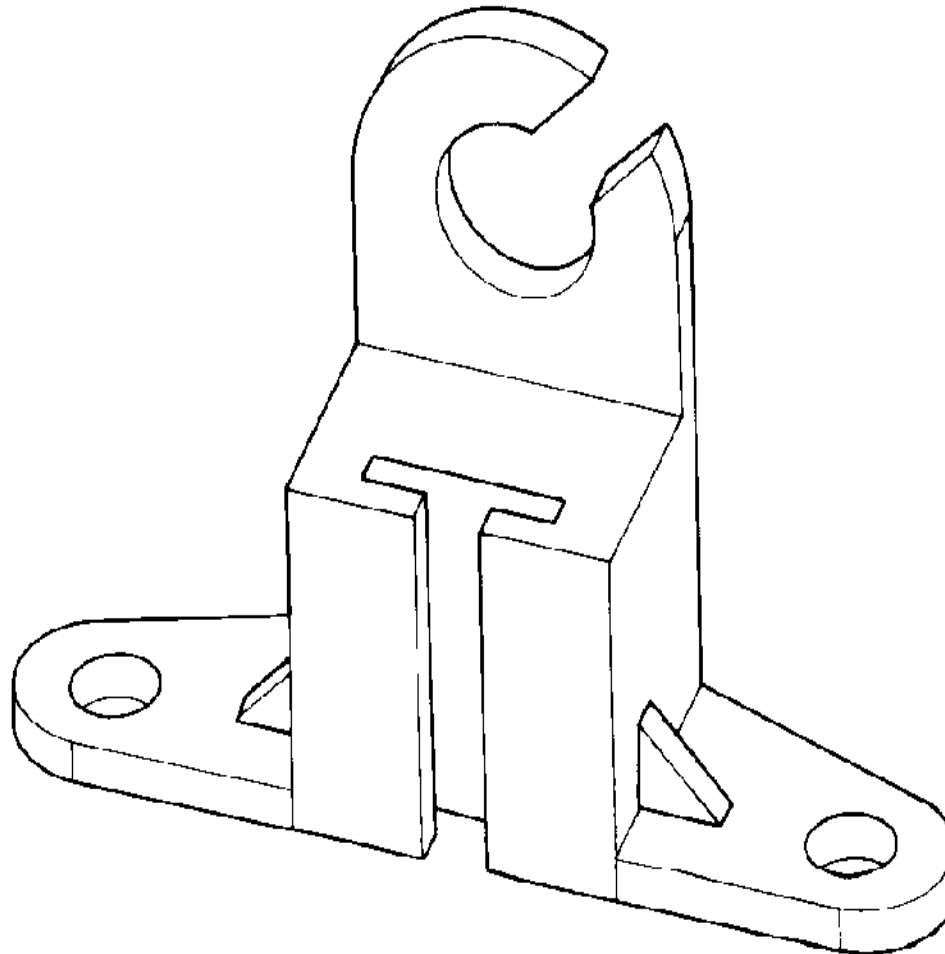
Exemplo de Árvore CSG



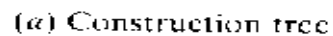
Exemplo de Árvore CSG Regularizada



Objeto CSG Em *Wireframe* com *HiddenLine* (Zeid:344)



(Zeid:344)

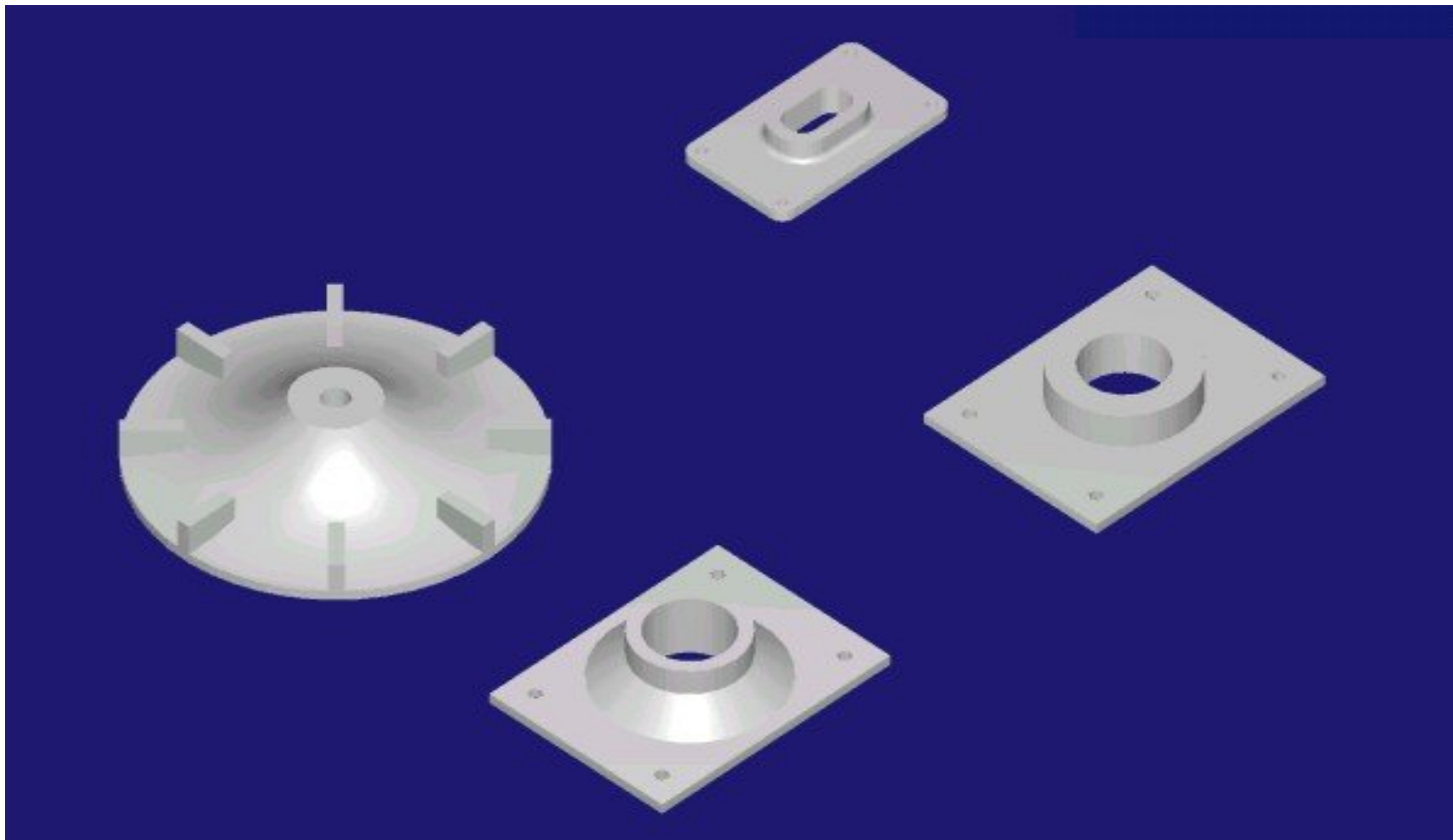


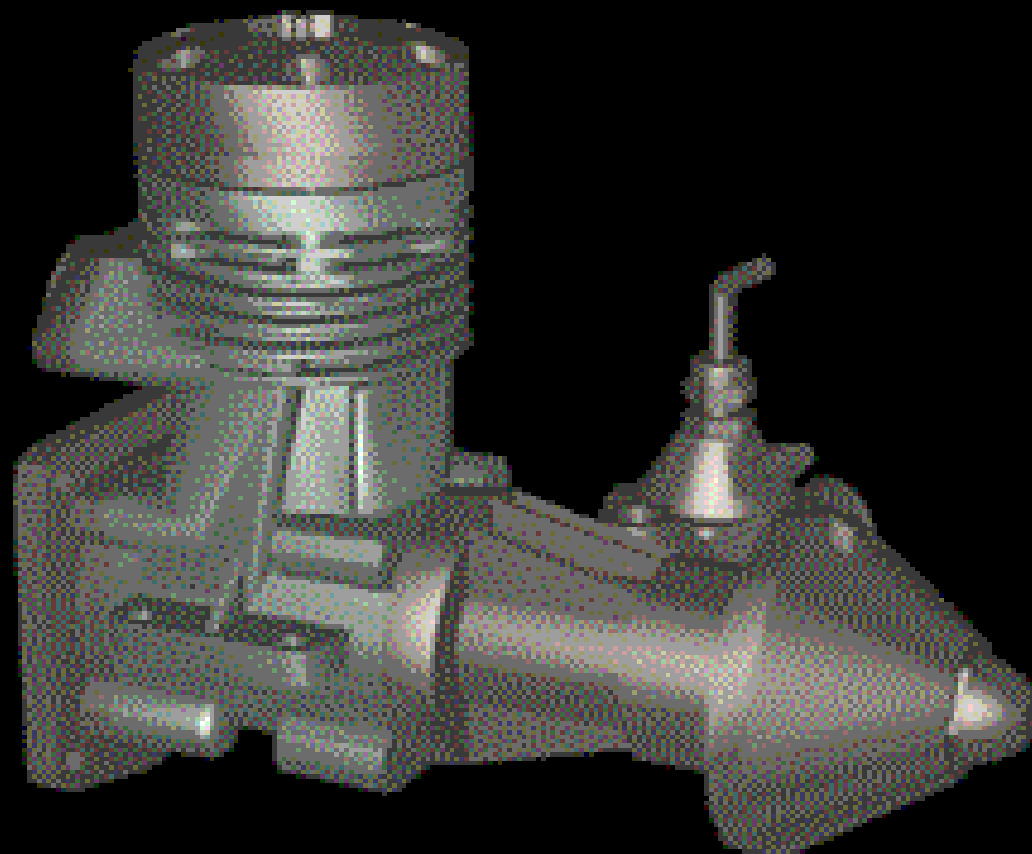
- = Diferença de Conjunto

Característica da Modelagem CSG

- Tem que ser **ordenada** pois nem as TGLR nem as Operações Booleanas são comutativas
- Uma sub-árvore pode ser repetida na estrutura (grafo acíclico)

Sólidos CSG Renderizados





Motor Diesel CSG 3D Completo

