https://www.youtube.com/watch?v=5YvIHREdVX4

5/5/17

Representação de Objetos e Cenas

Soraia Musse

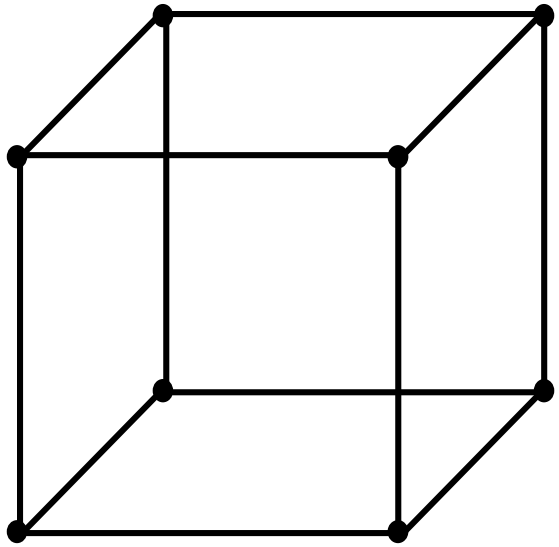
Roteiro

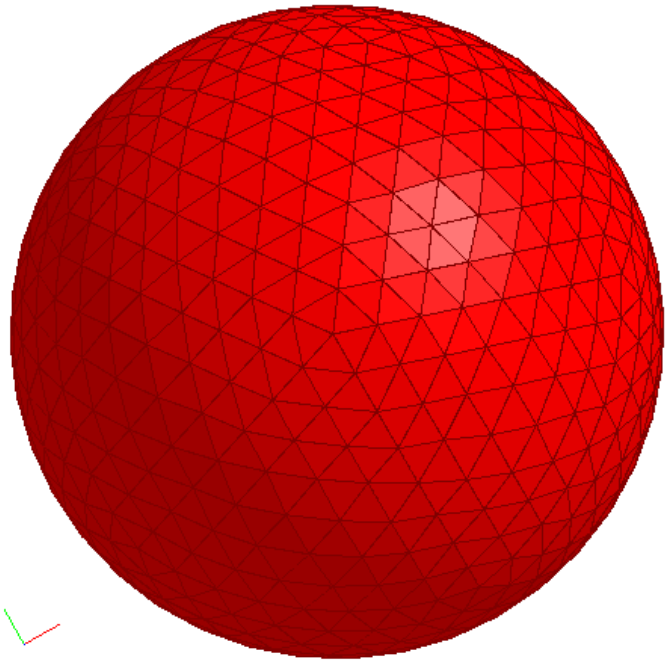
1. Formas de Representação
- 1.1. Vetorial x Matricial
- 1.2. Enumeração Espacial
- 1.3. Representação Aramada
- 1.4. Superfícies Limitantes
- 1.5. Representação Paramétrica
- 1.6. Grafo de Cena

2. Técnicas de Modelagem 3D
- 2.1. Varredura
- 2.2. CSG
- 2.3. Instanciamento de Primitivas
- 2.4. Fractais
- 2.5. Sistemas de Partículas

OBS.: Estes slides foram elaborados a partir do material dos profs. Márcio Pinho, Marcelo Cohen, Carla Freitas, Silvia Olabarriaga e Luciana Nedel além de Isabel Manssour

Formas de Representação





Mas, representar o que?

E porque?

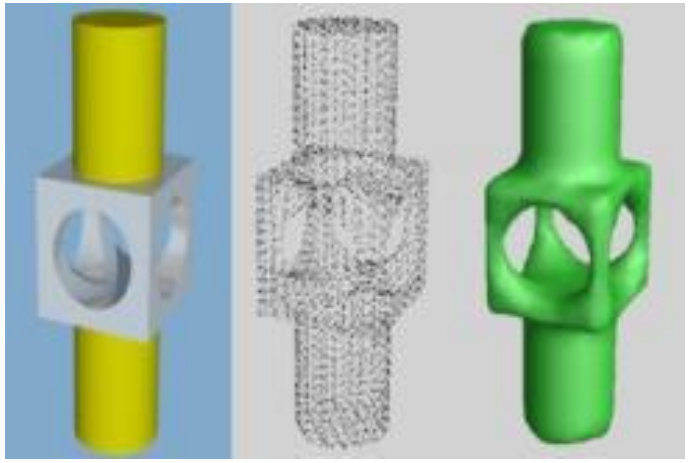
Modelagem Geométrica

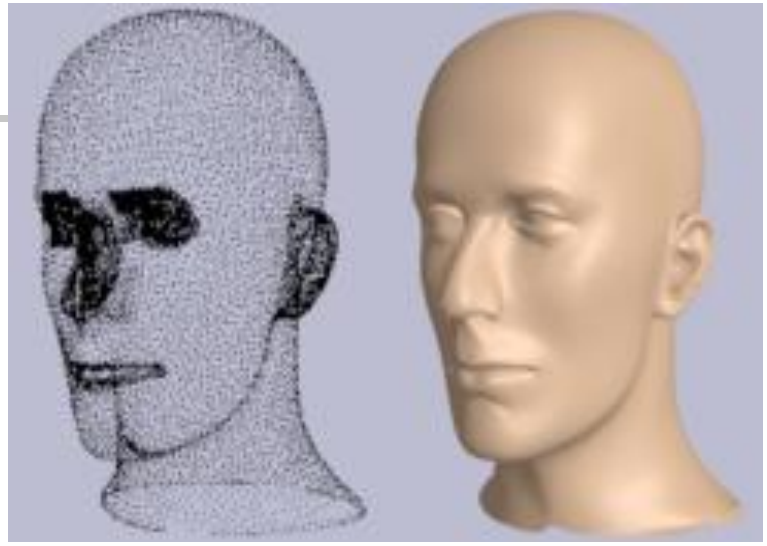
- Área da Computação Gráfica que estuda a criação de *modelos* dos objetos reais
- Como descrever/representar FORMA dos objetos (largura, altura, áreas,...)
- Coleção de Métodos Matemáticos

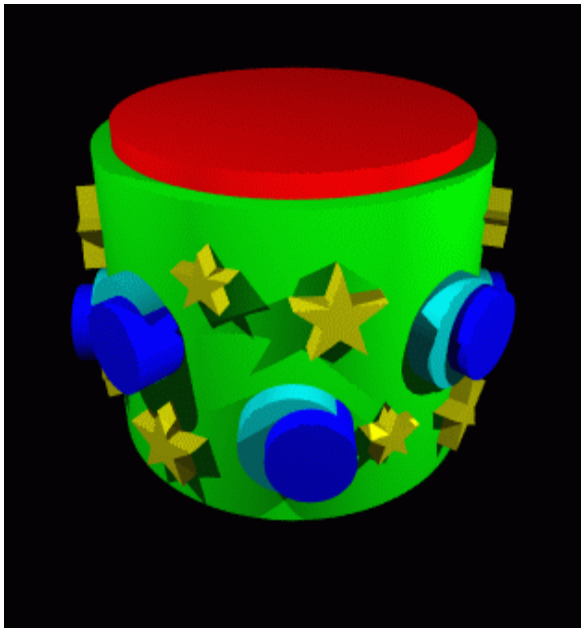
Objetivos

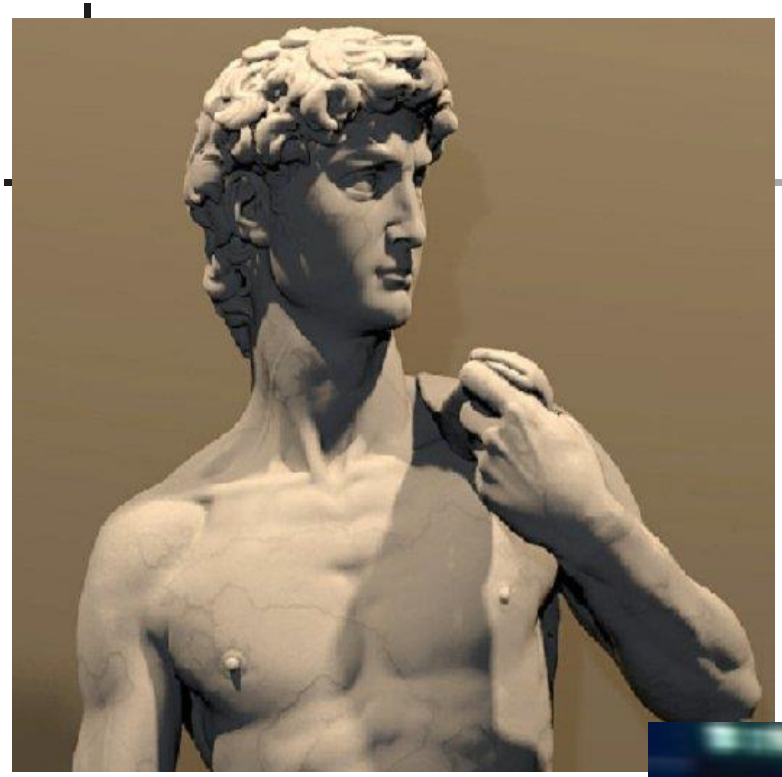
- Criar modelos de objetos, existentes ou ainda não existentes

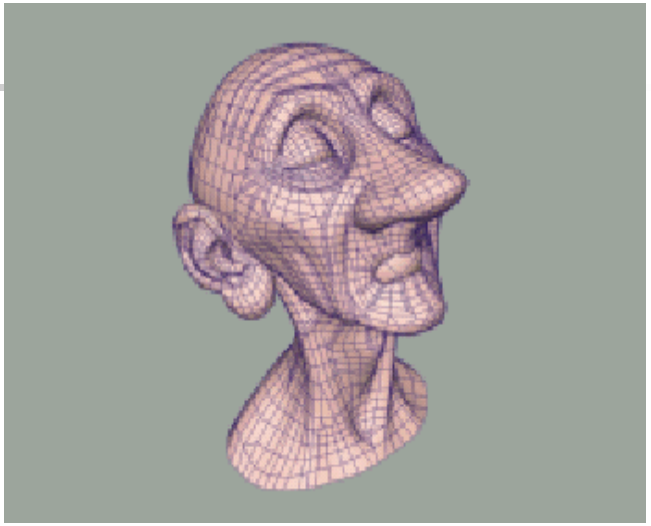
Galeria



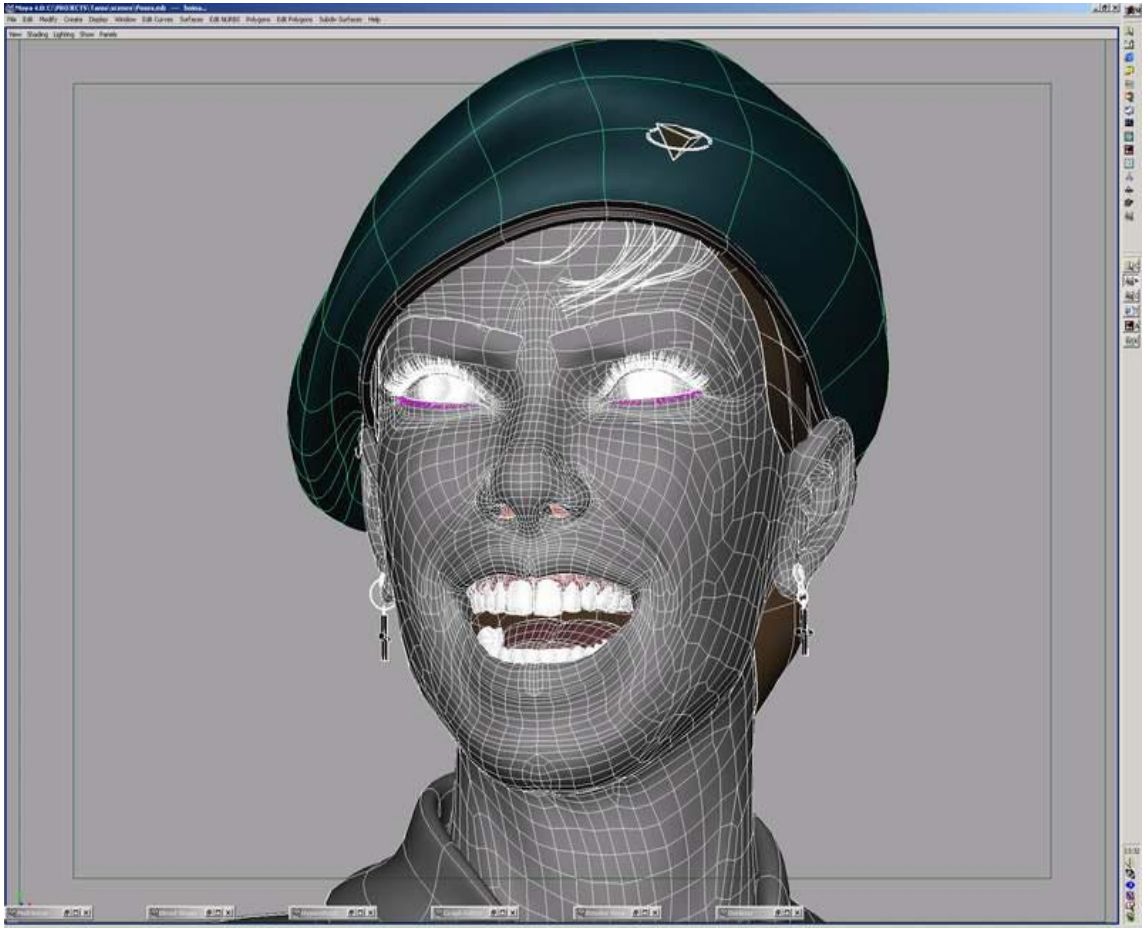






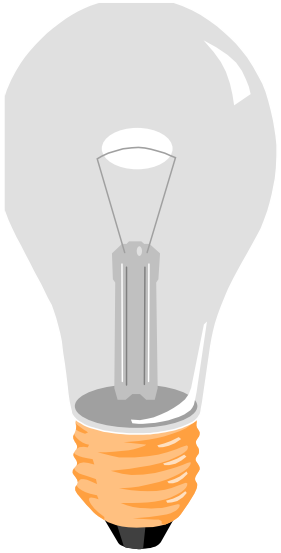


Designed by Martin Vaněk



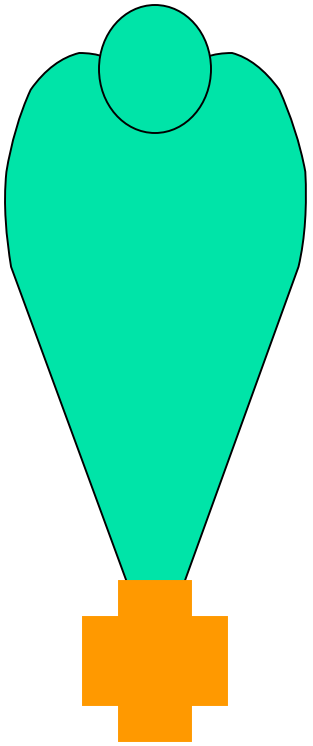
Exemplo de projeto

Representação da Lâmpada



Como converter a idéia para o computador?

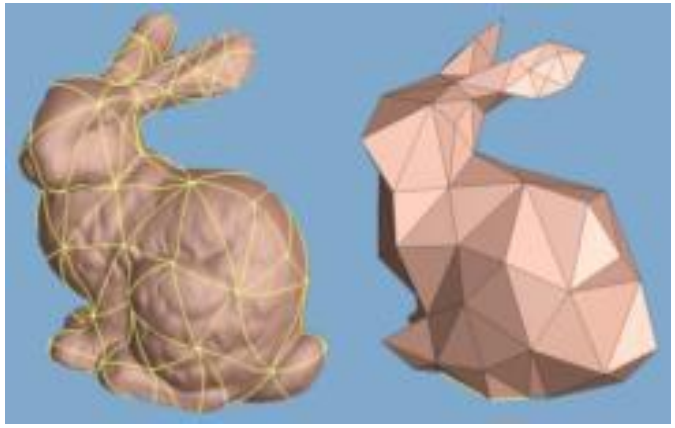
Fácil de modificar
Fácil de especificar



Idéia de Lâmpada

Áreas de Aplicação

- Precisão/Exatidão Matemática
  - CAD/CAM
  - Indústria em Geral
- Precisão Visual
  - Entretenimento em geral
  - Jogos
- Várias representações para o mesmo objeto (Level-of-Detail)



Formas de Representação

- Dois tópicos de estudo
  - Formas de armazenamento dos objetos 3D
  - Técnicas de modelagem dos objetos 3D

- **Formas de Representação** (ou armazenamento)
  - Trata das estruturas de dados utilizadas

X

- **Técnicas de Modelagem**
  - Trata das técnicas interativas ou não (e também das interfaces) que podem ser usadas para criar um objeto

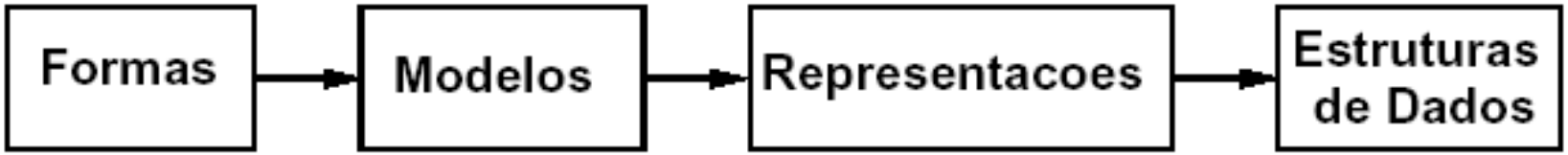
Formas de Representação

- Existem várias formas de representação e modelagem de objetos 3D
  - Cada uma possui vantagens e desvantagens
    - Adaptam-se melhor para uma aplicação específica
  - Dependem da natureza dos objetos e das operações/consultas que serão realizadas

Formas de Representação

- Em algumas técnicas a estrutura de dados para armazenar objetos é determinada pela técnica de modelagem
- Em geral a forma de representação determina:
  - A estrutura de dados, a forma dos algoritmos de processamento, e o projeto de programas de baixo nível
  - O custo do processamento de um objeto
  - A aparência final de um objeto
  - A facilidade de alterar a forma de um objeto

Pipeline

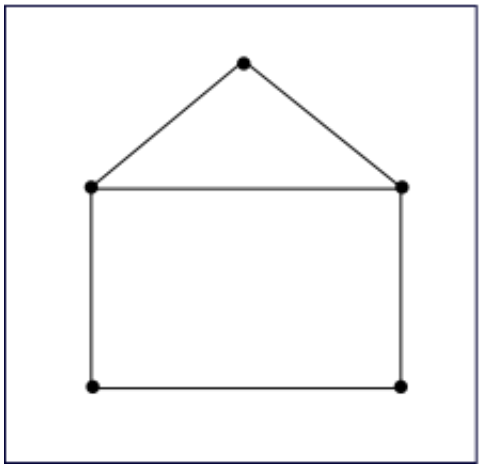


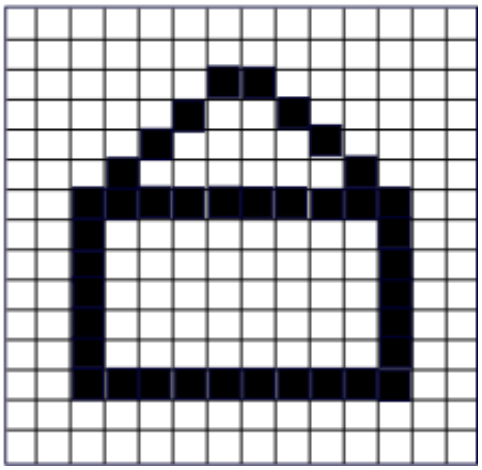
Formas de Representação

- Revisão:
  - Vetorial x Matricial

matriz de pontos

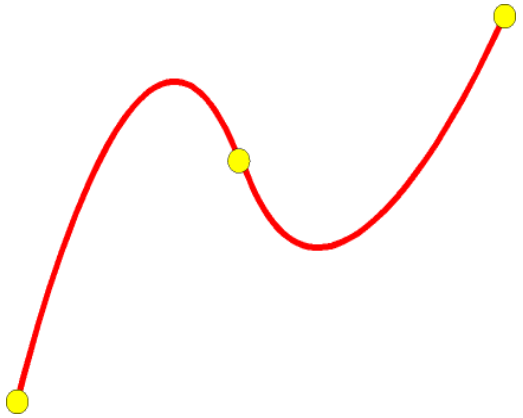
coordenadas e primitivas gráficas



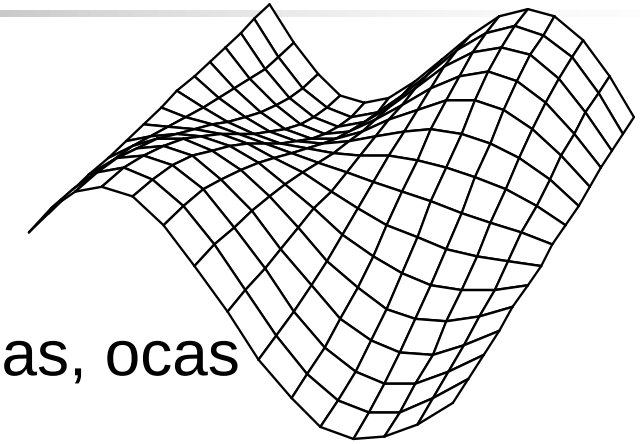


Formas de Representação

- Curvas
  - apenas comprimento



Formas de Representação



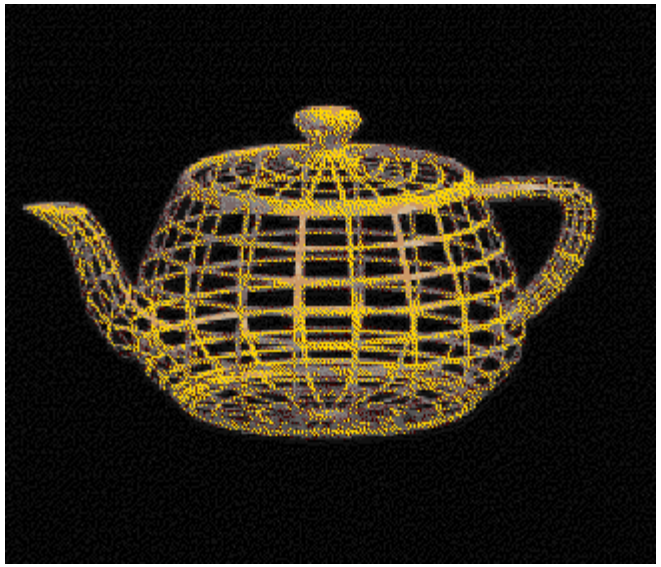
- Superfícies
  - apenas área
  - cascas infinitesimalmente finas, ocas
  - abertas ou fechadas

http://www.youtube.com/watch?v=VsI3JggyhpA

Formas de Representação

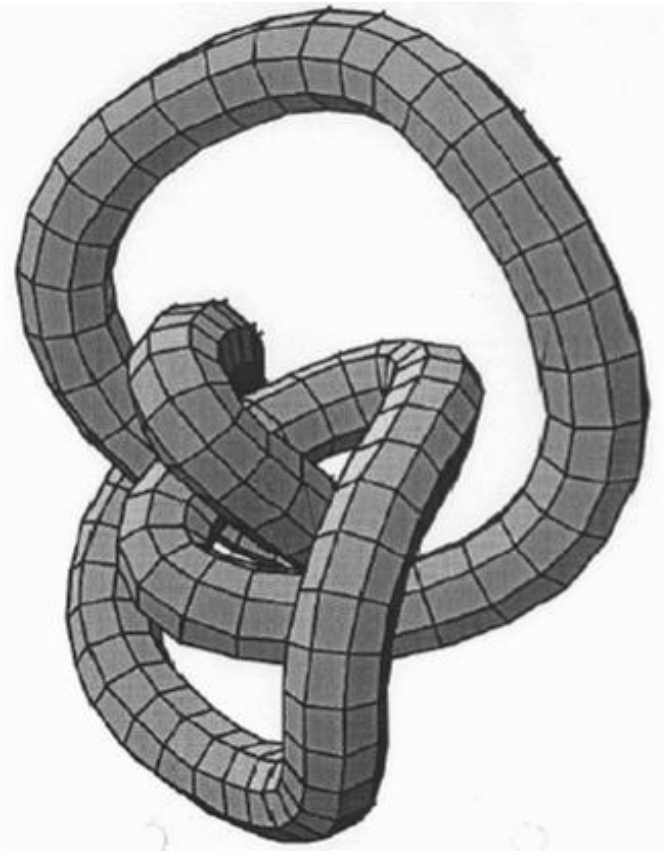
- Sólidos
  - o interior também interessa

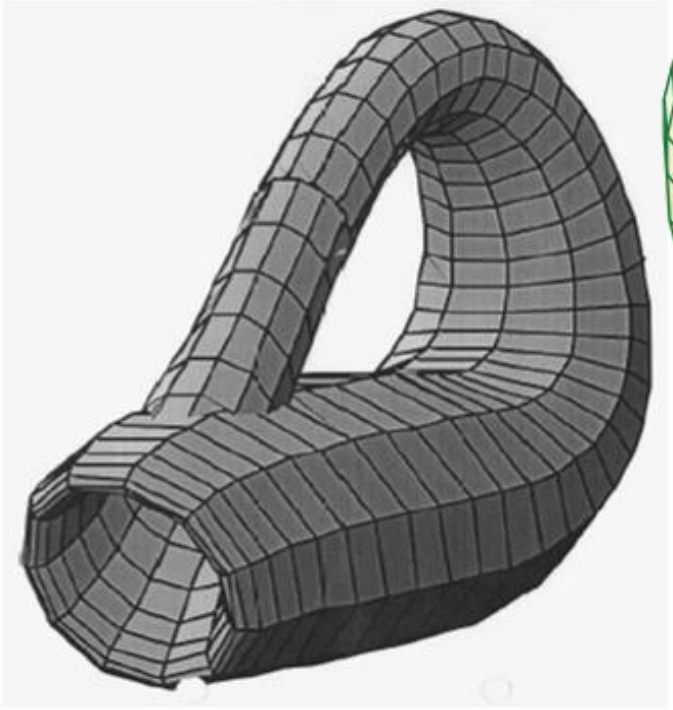
Computer History Museum in Mountain View, California where it is catalogued as "Teapot used for Computer Graphics rendering"

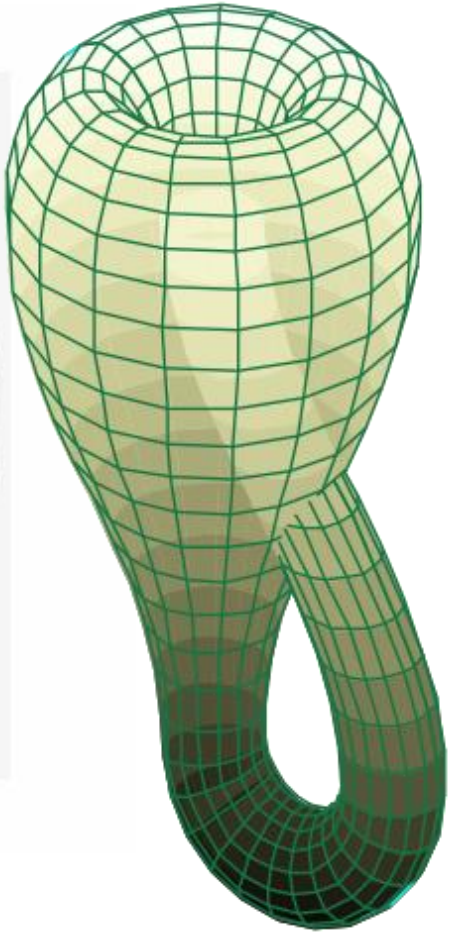


Utah Teapot (Martin Newell 1975)

Nós e Garrafa de Klein (não orientável)

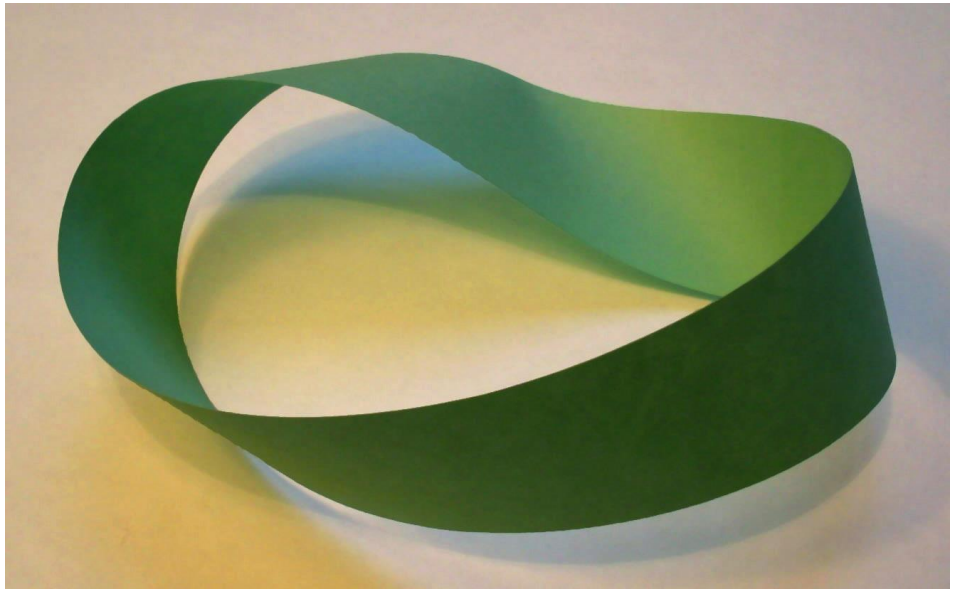






Superfícies Não Orientáveis

- Faixa de Möbius só tem um lado e uma borda.

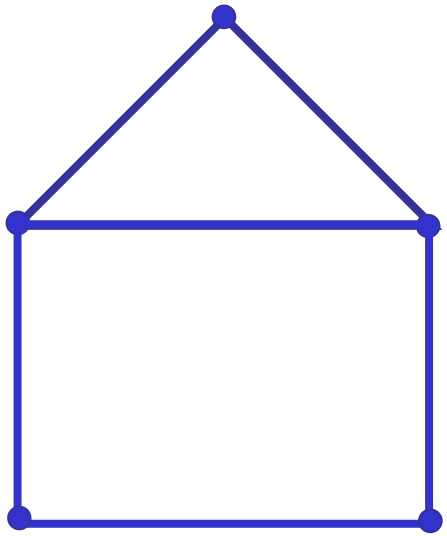


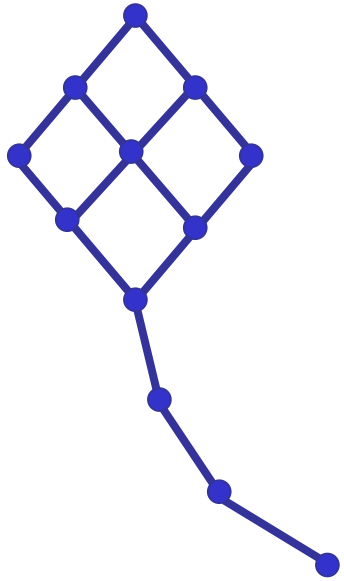
Faixa de Möbius

Formas de Representação

Representação Aramada

- Estrutura de dados mais utilizadas na Computação Gráfica 2D para armazenamento de modelos
  - Vetores, listas e tabelas
- Exemplos:

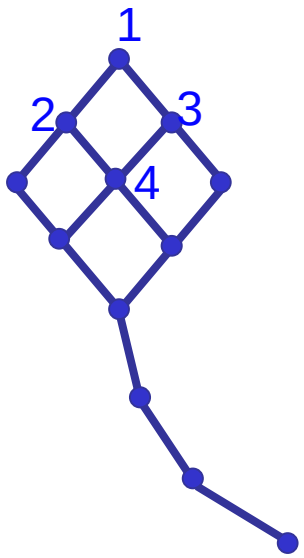




Formas de Representação

Representação Aramada (tb é visualização)

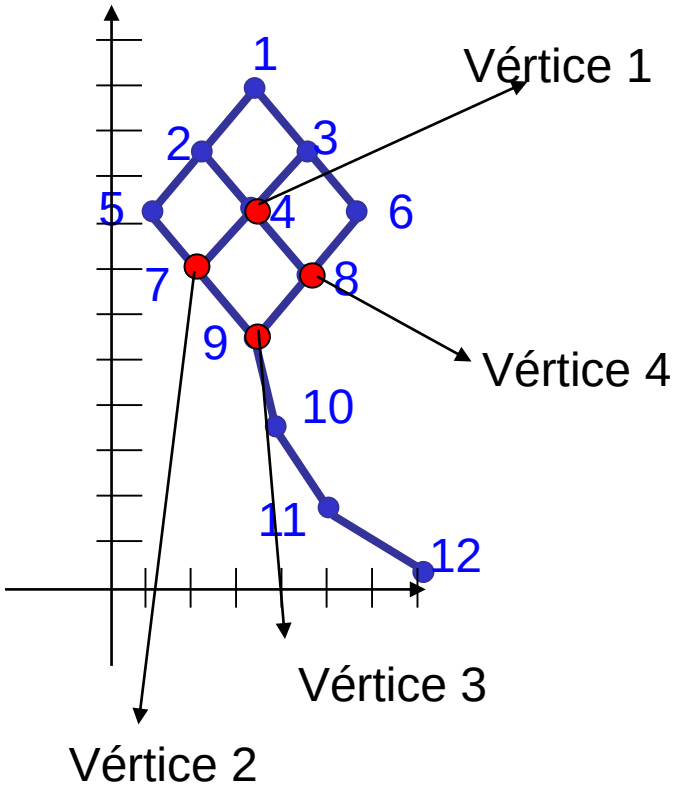
- Duas listas
  - Vértices
  - Arestas



	vértices (geometria)	arestas (topologia)
1	x1,y1	1,2
2	x2,y2	1,3
3	x3,y3	3,4
4	x4,y4	2,4
	...	...

Exercício

- Crie a estrutura de dados dos pontos vermelhos do objeto abaixo:

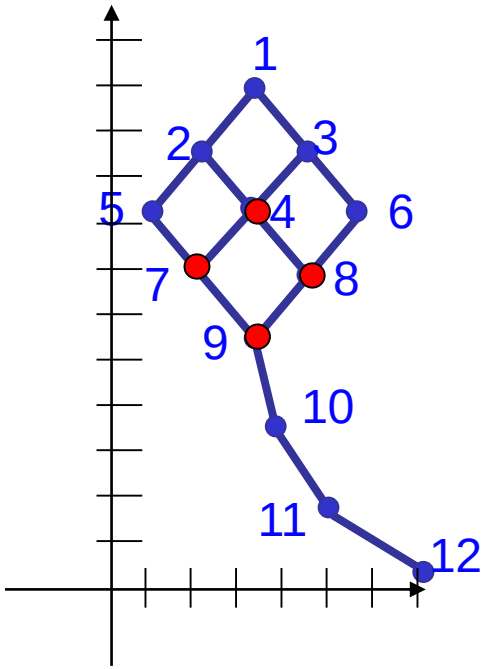


vértices (geometria)

arestas (topologia)

Exercício

- Crie a estrutura de dados dos pontos vermelhos do objeto abaixo:



	vértices (geometria)	arestas (topologia)
4	4,8	7,4
7	2,7	4,8
8	5,7	8,9
9	4,5	9,7

Formas de Representação

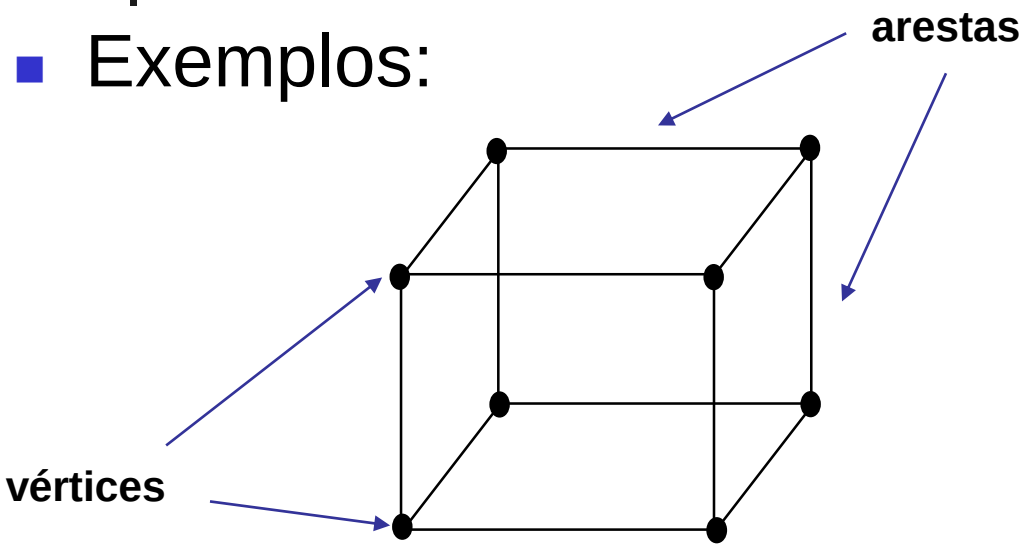
Representação Aramada

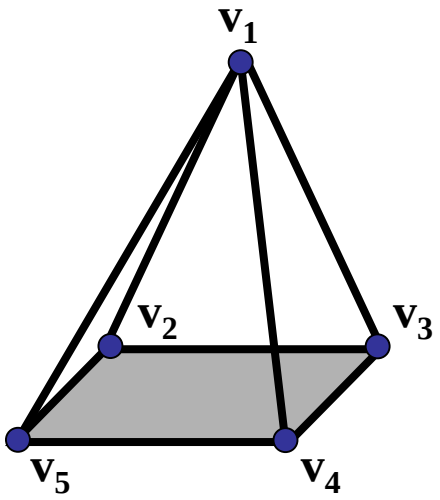
- Representação aramada
  - Representação de um objeto somente através de suas arestas
- A visualização de objetos aramados é usada quando não é necessário um grande grau de realismo
  - Durante criação e manipulação do modelo/cena
  - Facilita a alteração (rápido de visualizar)
- Conjunto de vértices e arestas (objetos “vazados”)
- *Wireframe* = aramado

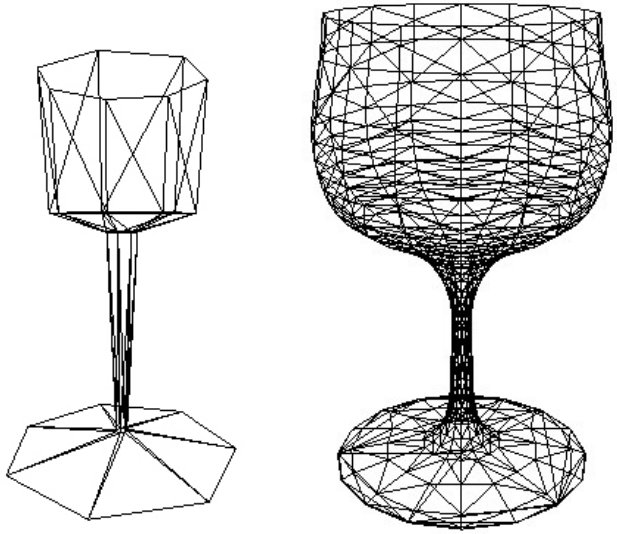
Formas de Representação

Representação Aramada

- Exemplos:







Geometria (vértices)

1 (v_1)	x_1 y_1 z_1
2 (v_2)	x_2 y_2 z_2
3 (v_3)	x_3 y_3 z_3
4 (v_4)	x_4 y_4 z_4
5 (v_5)	x_5 y_5 z_5

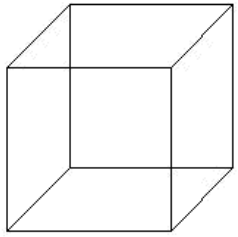
Topologia (arestas)

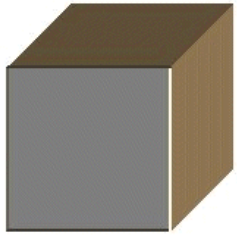
1	v_1 v_2
2	v_1 v_3
3	v_1 v_4
4	v_1 v_5
5	v_2 v_3
6	v_3 v_4
7	v_4 v_5
8	v_5 v_2

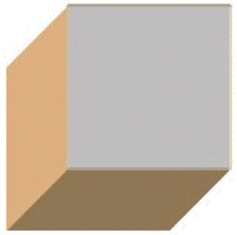
Formas de Representação

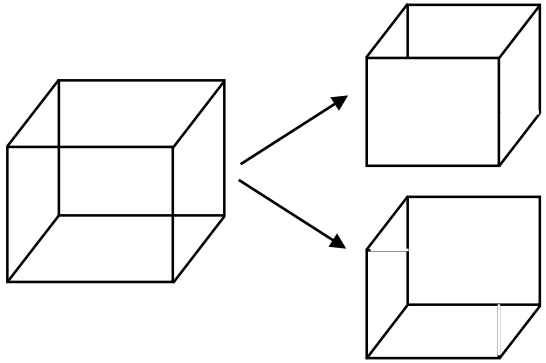
Representação Aramada

- Vantagem
  - Rapidez
- Desvantagens
  - Difícil de entender/visualizar
  - Difícil (ou até impossível) realizar certas operações, tais como a determinação de massa, volume, inclusão ou edição de pontos
  - Impreciso (representação ambígua)









Formas de Representação

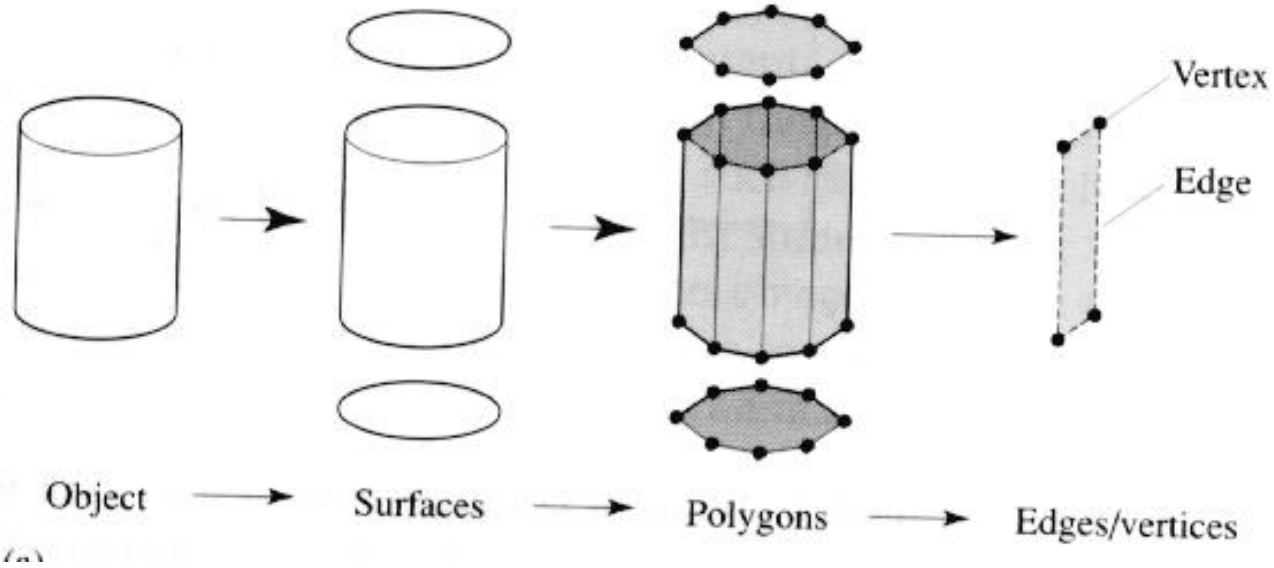
Superfícies Limitantes

- Superfícies Limitantes (ou *Boundary-Representation* ou B-Rep)
  - Informalmente chamada de malha de polígonos
  - Forma de representação clássica na Computação Gráfica 3D
  - Um objeto representado por um conjunto de polígonos (ou faces) que delimitam uma região fechada do espaço (limite ou superfície do objeto)
    - Representa uma superfície discretizada por faces planas
    - Podem ser triângulos (preferencialmente) ou quadrados
    - O objeto formado por esta técnica é normalmente chamado de POLIEDRO, ou seja, composto de muitos DIEDROS (diedro = semi-espaço)

Formas de Representação

Superfícies Limitantes

- A superfície limitante de um sólido separa os pontos de dentro do sólido dos pontos de fora
  - *Interface* entre o sólido e o ambiente a sua volta
  - Características visuais do sólido tais como reflexão, transparência, textura e cor são características dessa superfície

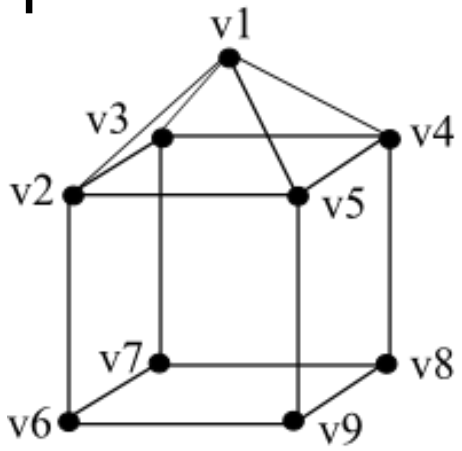


[Watt 2000]

Formas de Representação

Superfícies Limitantes

- Estrutura de dados mais utilizada:
  - Tabela de vértices e tabela de faces
- Problemas
  - Aproximação de superfícies curvas
  - Grande espaço para armazenamento
- Exemplo



Vértices (geometria)

1	x1 y1 z1
2	x2 y2 z2
3	x3 y3 z3
4	x4 y4 z4
5	x5 y5 z5
6	x6 y6 z6
7	x7 y7 z7
8	x8 y8 z8
9	x9 y9 z9

Faces (topologia)

1	v1 v4 v5
2	v1 v5 v2
3	v1 v2 v3
4	v1 v3 v4
5	v4 v3 v7 v8
6	v5 v4 v8 v9
7	v2 v5 v9 v6
8	v3 v2 v6 v7
9	v6 v9 v8 v7

Formas de Representação

Superfícies Limitantes

- Exemplo: VRML
  - Tabela de vértices
  - Tabela de faces

```
coord Coordinate {
    point [          # lista de Vértices
        0  10  0,    # vértice 0
       -5   0  5,    # vértice 1
        5   0  5,    # vértice 2
        5   0 -5,    # vértice 3
       -5   0 -5,    # vértice 4
    ]
```

```
coordIndex [              # lista de Faces
        4, 3, 2, 1  -1, # Base (formada pelos vértices
                          4, 3,2 e 1)
        0, 1, 2, -1,  # Frontal
        0, 2, 3, -1,  # Direita
        0, 3, 4, -1,  # Traseira
        0, 4, 1, -1   # Esquerda
    ]
```

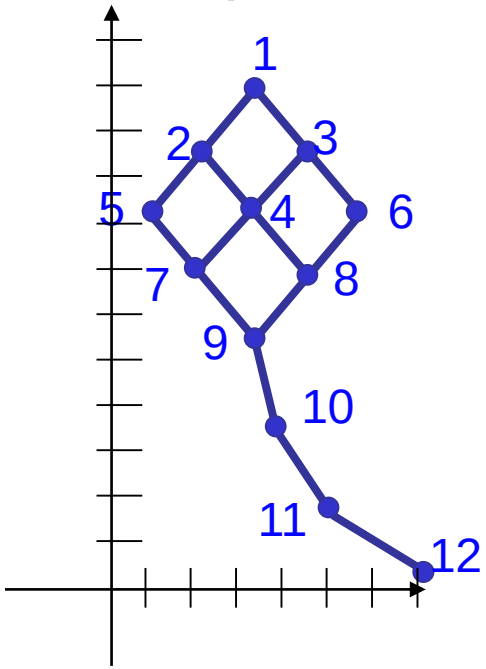
VRML

```
#VRML V2.0 utf8
# ----------------------------------------------------
# Desenho de um paralelepípedo Amarelo
# ----------------------------------------------------

Shape {  # define um bloco de um objeto (Shape)
        appearance Appearance {  # define a aparência do Shape
                material Material {
                        diffuseColor 1.0 1.0 0.0    # r g b
                }
        }
        geometry Box {  # define a geometria do Shape
                size 2.5 2.5 5.0   # larg, altura, prof
        }
}  # fim do shape
```

Exercício

- Crie a estrutura de dados para representar o objeto usando B-Rep:



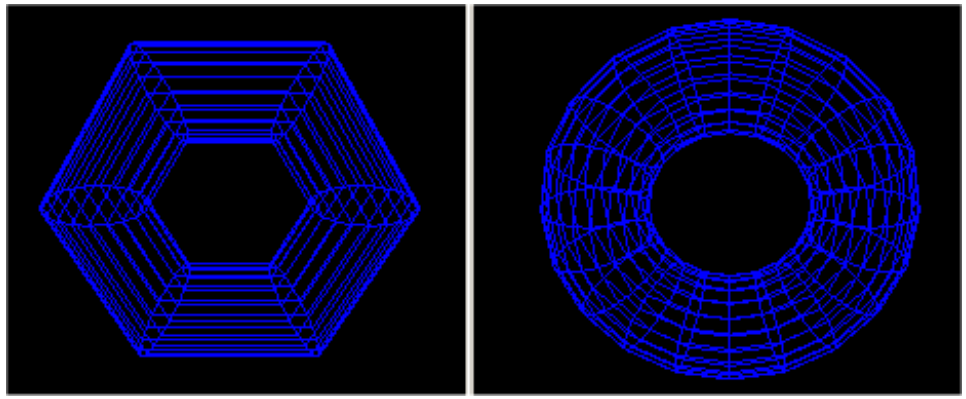
vértices (geometria)

faces (topologia)

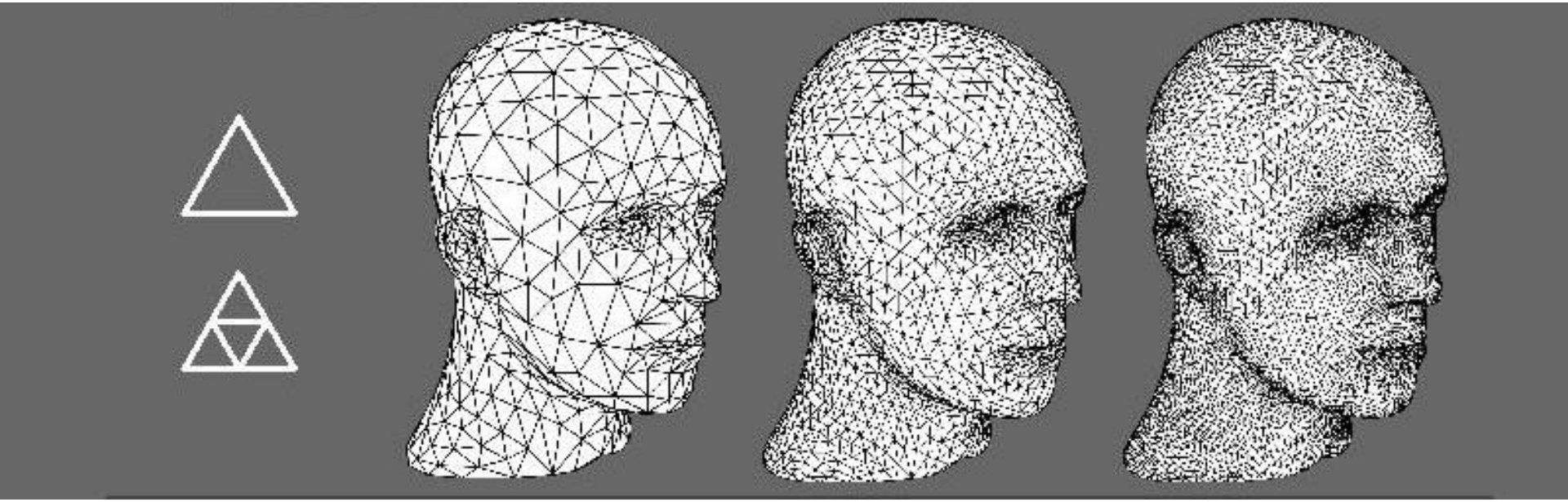
Formas de Representação

Superfícies Limitantes

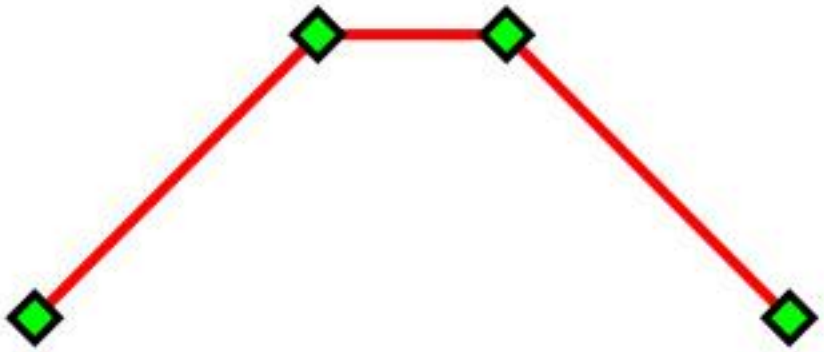
- Nos últimos anos tem se trabalhado com diferentes níveis de detalhes
  - LOD – *Level of Detail*
  - Conforme a distância da câmera a um modelo aumenta, o espaço que ele ocupa na janela diminui, por isso, o detalhe com que é visualizado também diminui
  - Pode-se definir diversas representações para um objeto que são “ativadas” de acordo com a distância da câmera (ou observador)



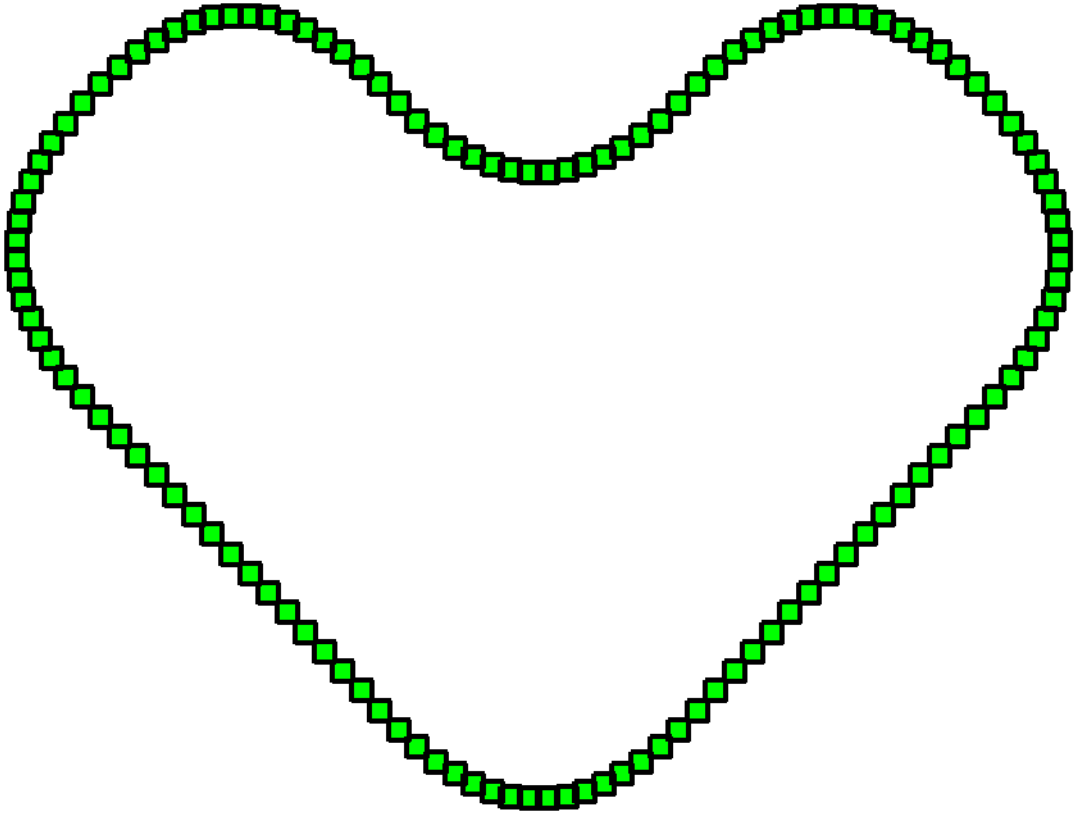
LOD – Superfícies de Subdivisão



Algoritmo de SS: Chaikin Corner Cutting



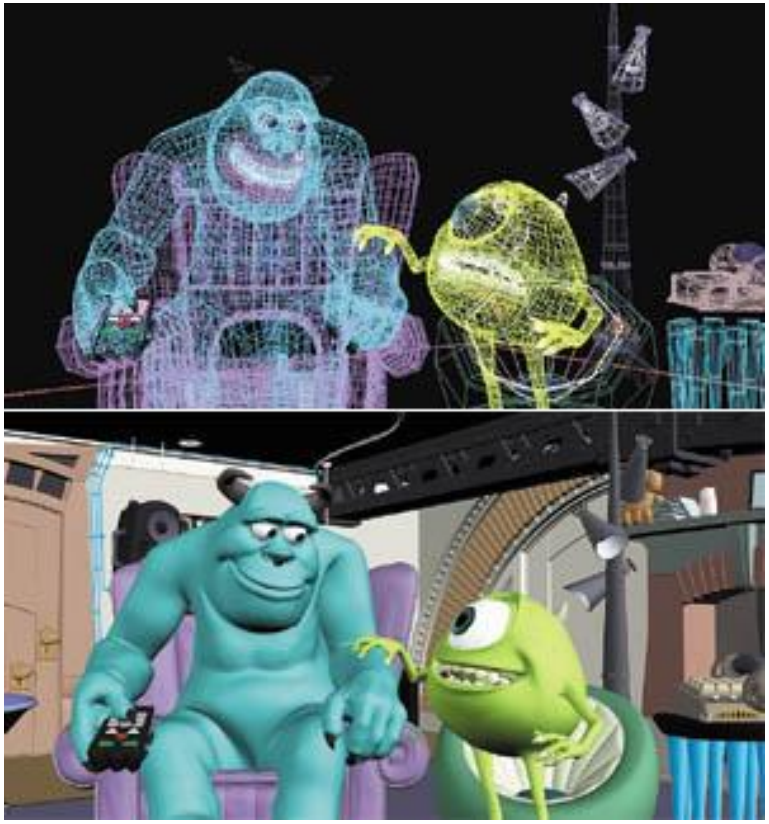
Efeito: Convergência



Efeito: Suavização de Superfícies

3D Studio Max

Grande aplicação em Animação

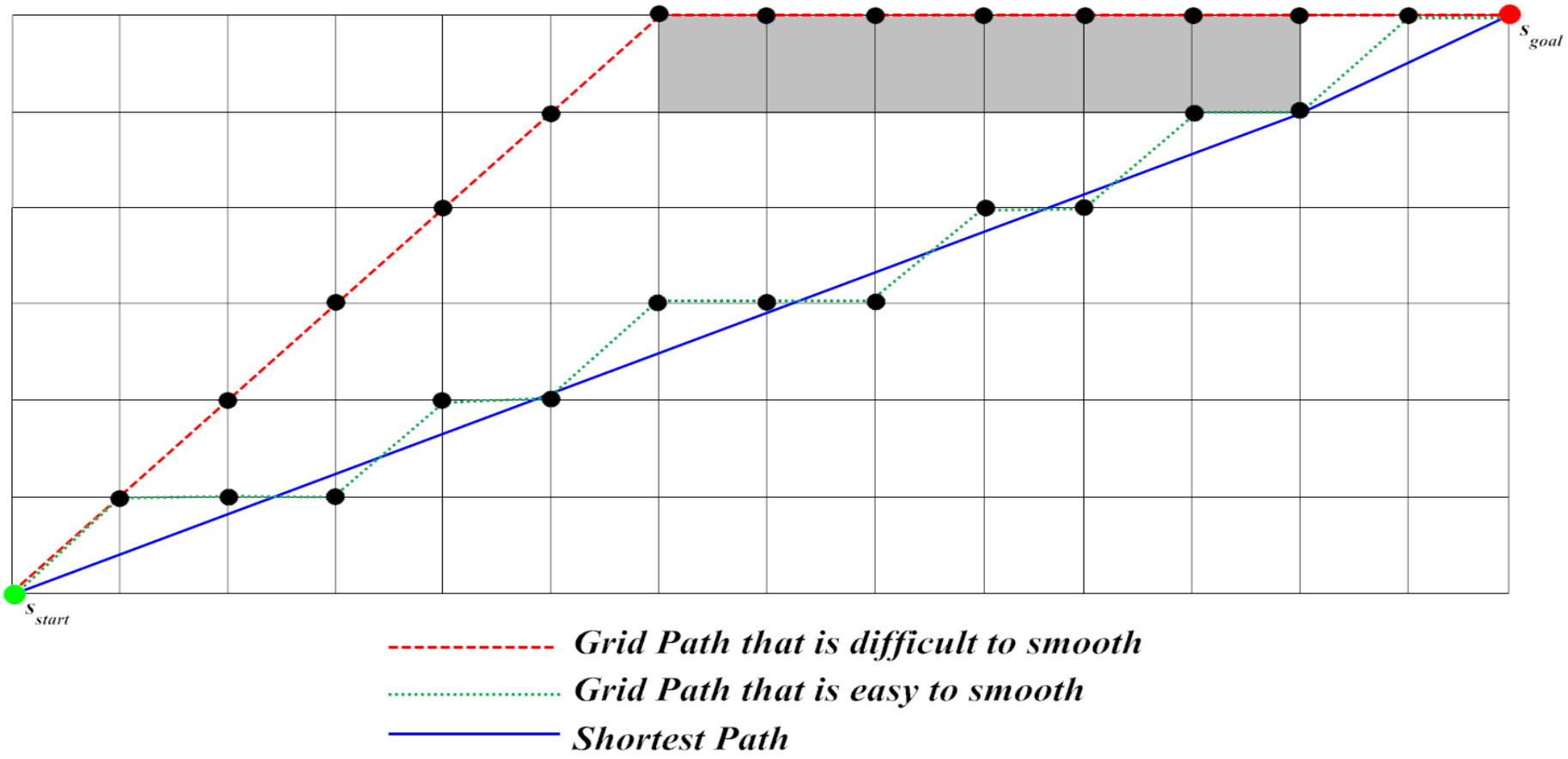


Pixar/Disney

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

- *Subdivisão espacial **uniforme** (grids)*



Formas de Representação

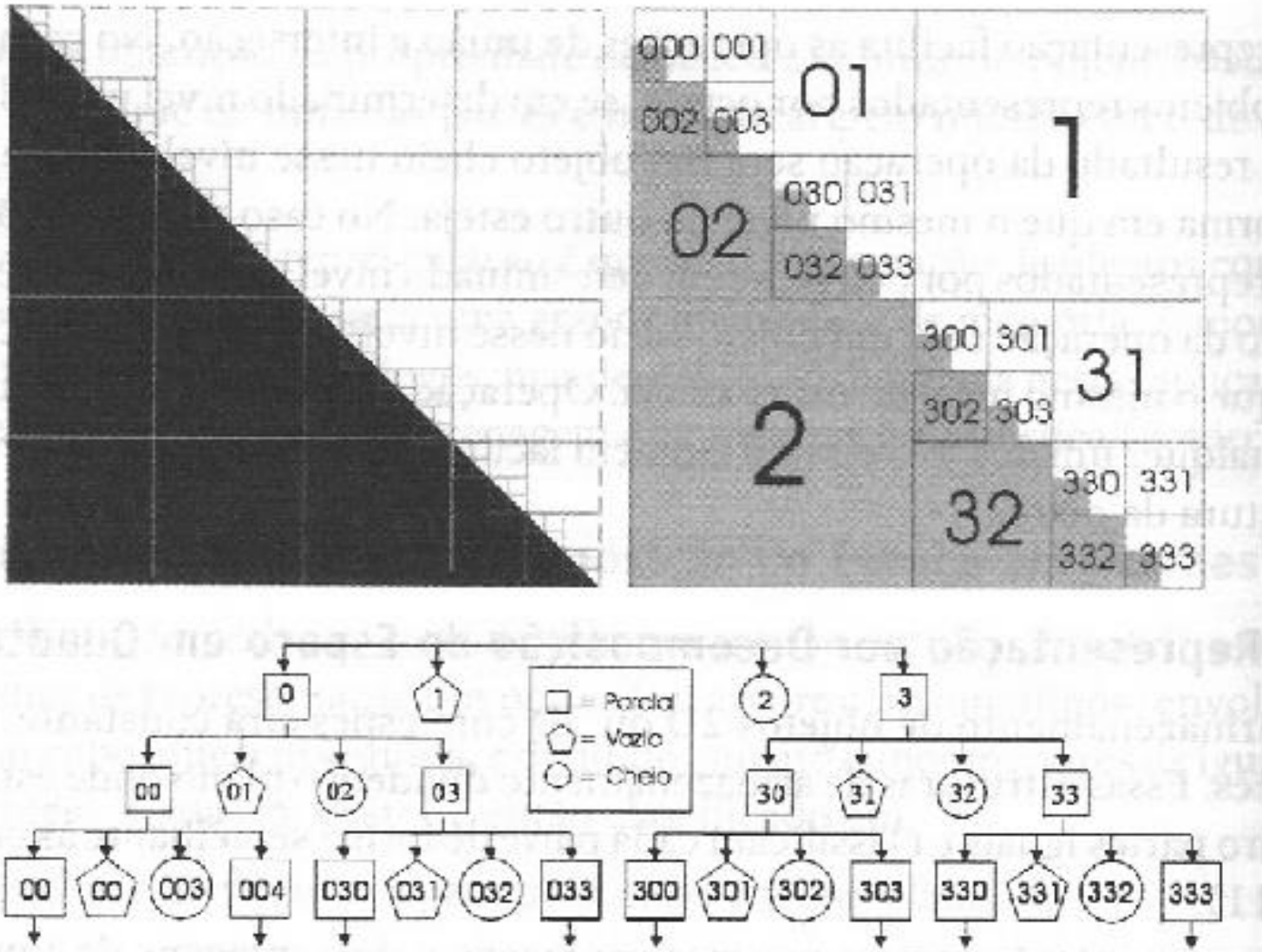
Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

- *Subdivisão espacial* ***não-uniforme***
- *Quadtrees* são usadas para o armazenamento de objetos 2D
  - Divide-se o plano onde está o objeto em 4 partes iguais e classifica-se cada parte
    - Observa-se quais células estão totalmente ocupadas, parcialmente ocupadas ou vazias
    - Codifica-se o objeto por uma lista de células ocupadas
  - É armazenada em forma de árvore

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

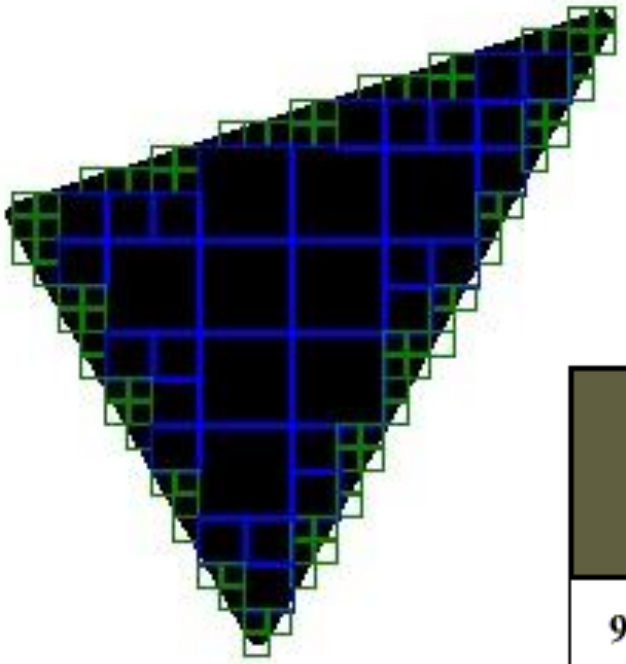
- *Quadtrees*

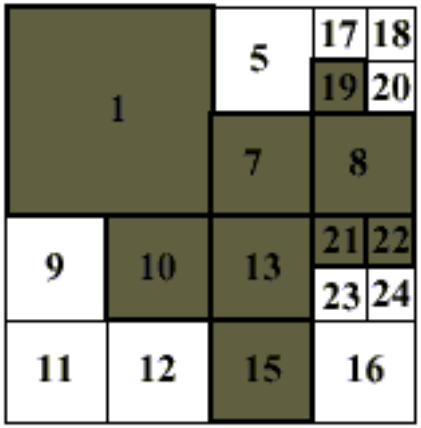


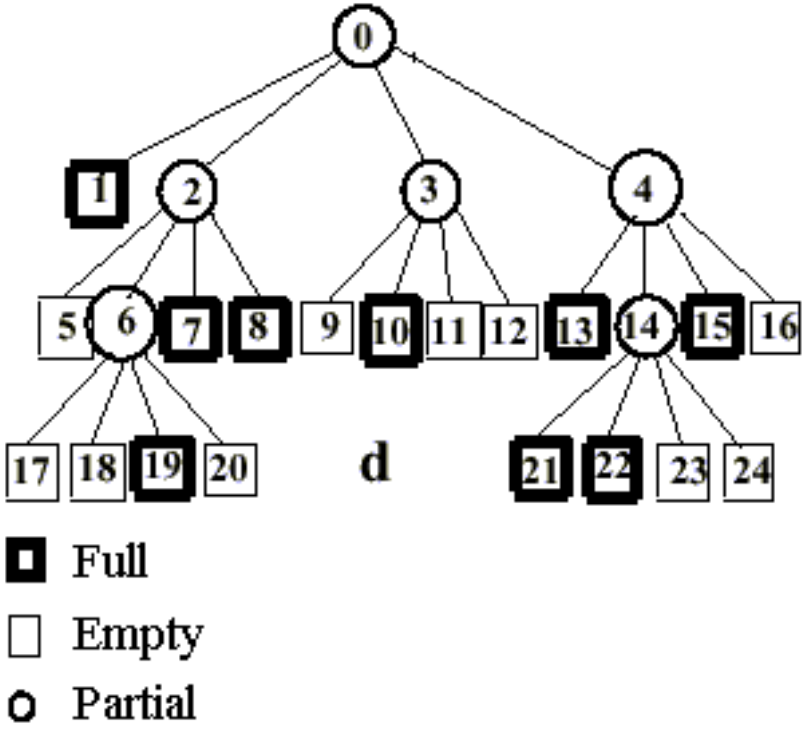
Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

Quadtrees http://www.youtube.com/watch?v=gNZtx3ijjpo



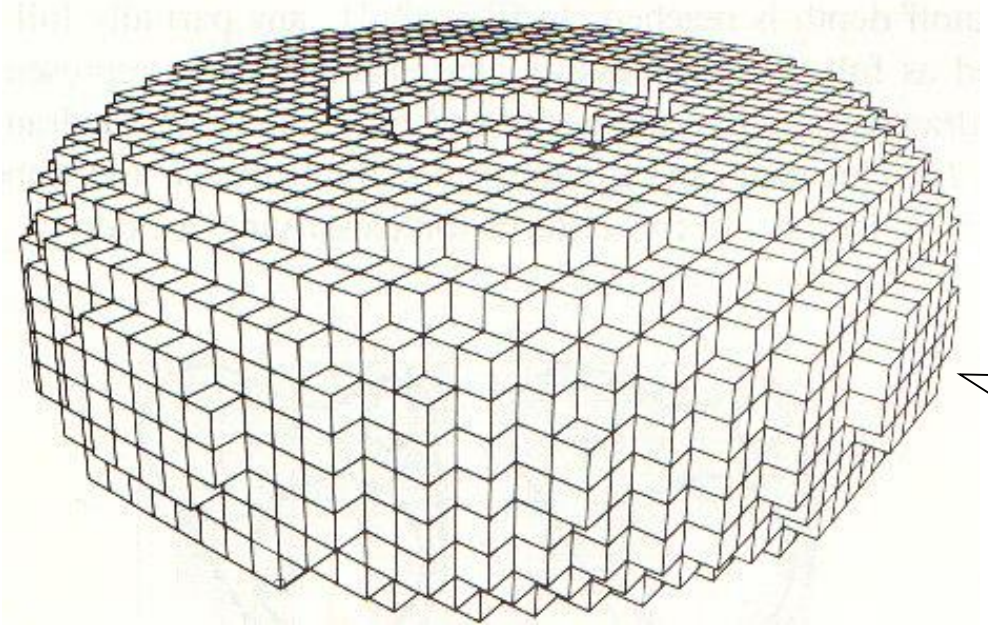




Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

- Enumeração espacial **uniforme**
  - Sólido é decomposto em células idênticas organizadas numa grade regular fixa
  - Estrutura de árvore é organizada de tal maneira que cada célula corresponde a uma região do espaço 3D
  - Células são chamadas de voxels



Sólido descrito por meio de voxels dispostos matricialmente

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

- É feito o controle da presença ou ausência de uma célula em cada posição
  - Observa-se quais células estão ocupadas
  - Codifica-se o objeto por uma lista de células ocupadas
- Conforme o tamanho da grade decresce, a representação do objeto passa a se assemelhar a um conjunto de pontos no espaço

Formas de Representação

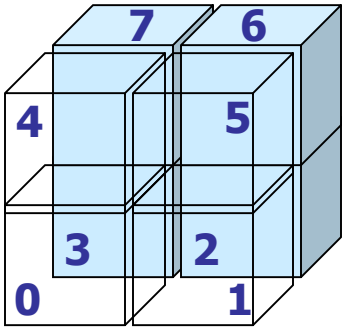
Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

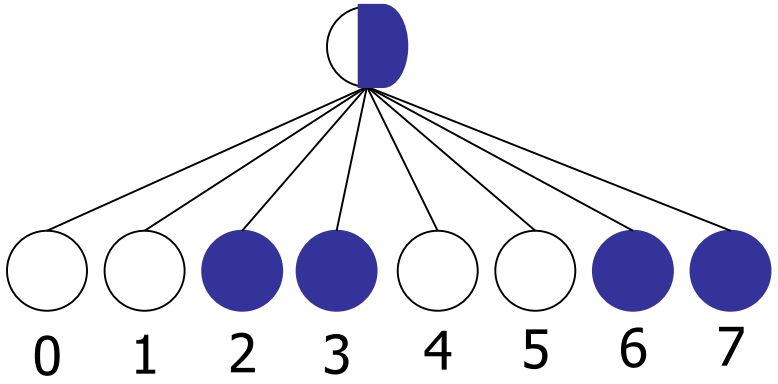
- Enumeração espacial não-**uniforme -** *Octrees*
  - “Árvore com 8 filhos” (caso particular da Enumeração Espacial)
  - Envolve o objeto que em seguida é dividido em 8 cubos menores de igual tamanho, onde cada um é classificado em
    - Cheio, caso o objeto ocupe todo o cubo
    - Vazio, caso o objeto não ocupe nenhuma parte do cubo
    - Parcialmente Cheio, caso o objeto ocupe parte do cubo
  - Quando houver a classificação em "Cheio-Vazio" ele é novamente dividido em 8 partes iguais e o processo de classificação é refeito para as novas partes
  - O algoritmo repete-se até que só hajam cubos das duas primeiras classes

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

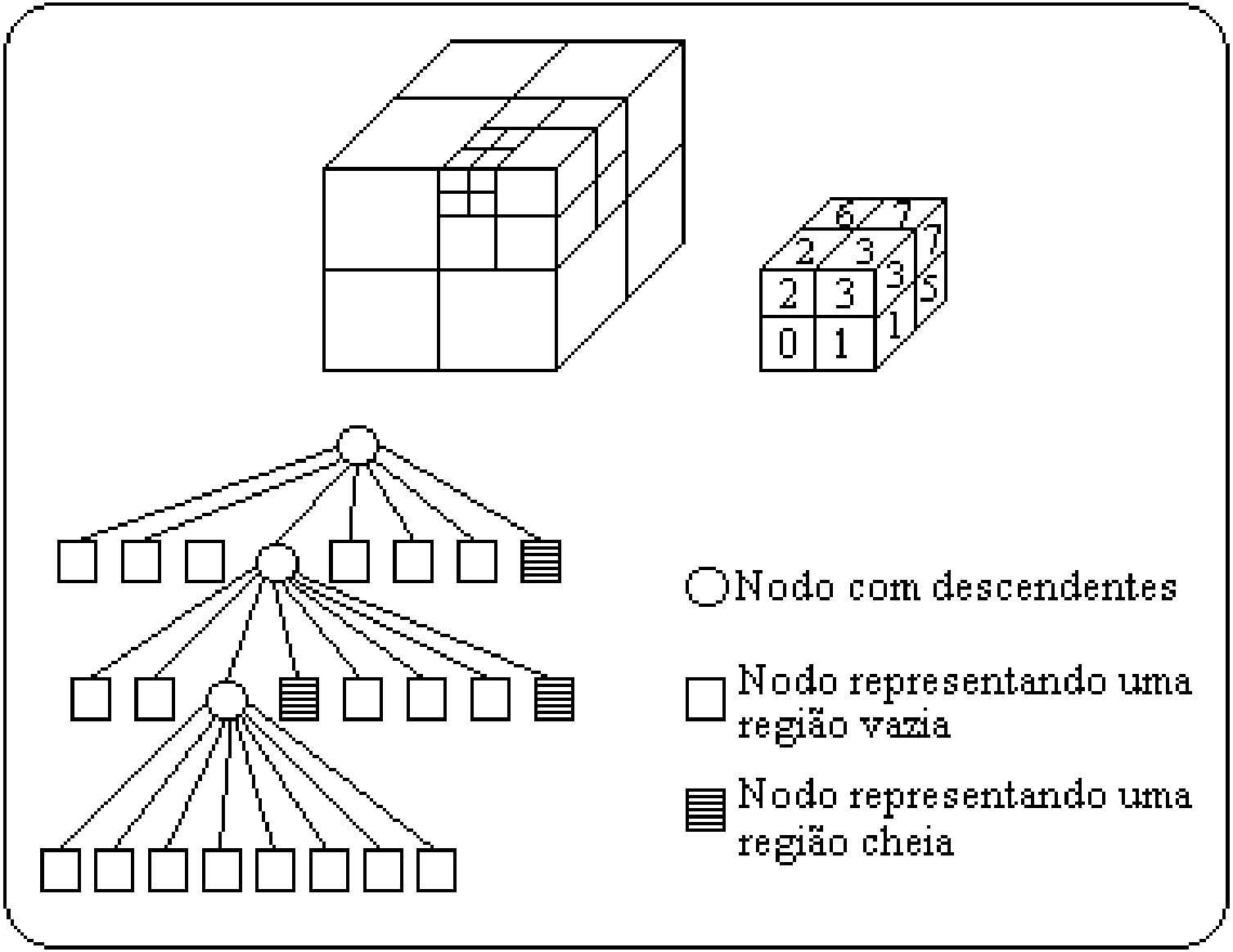
- *Octrees*
  - Divide o espaço em quadrantes
  - Representação esparsa do espaço





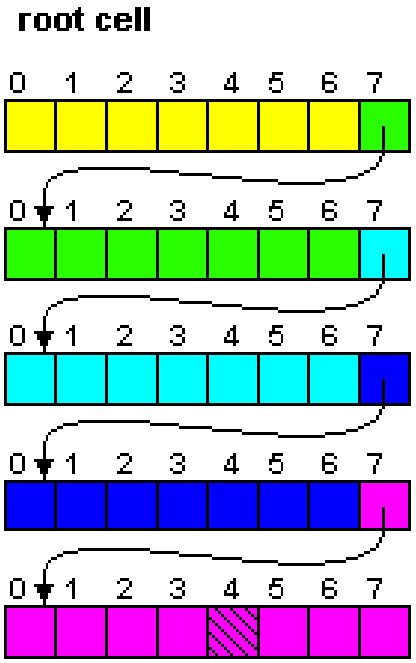
Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

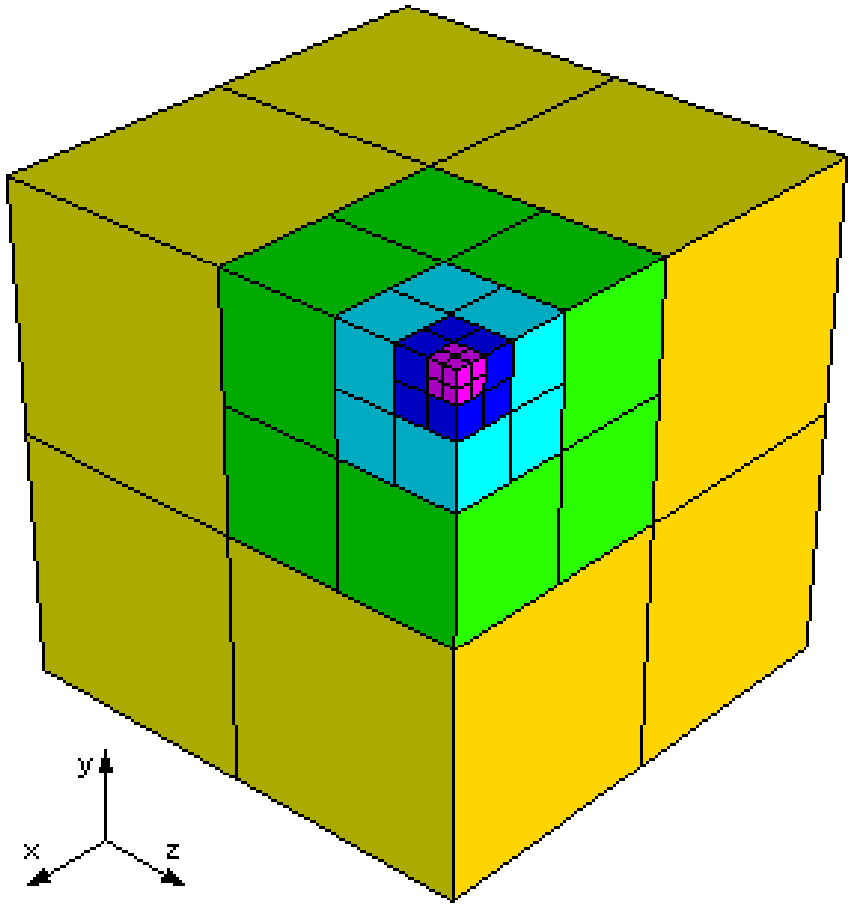


Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)



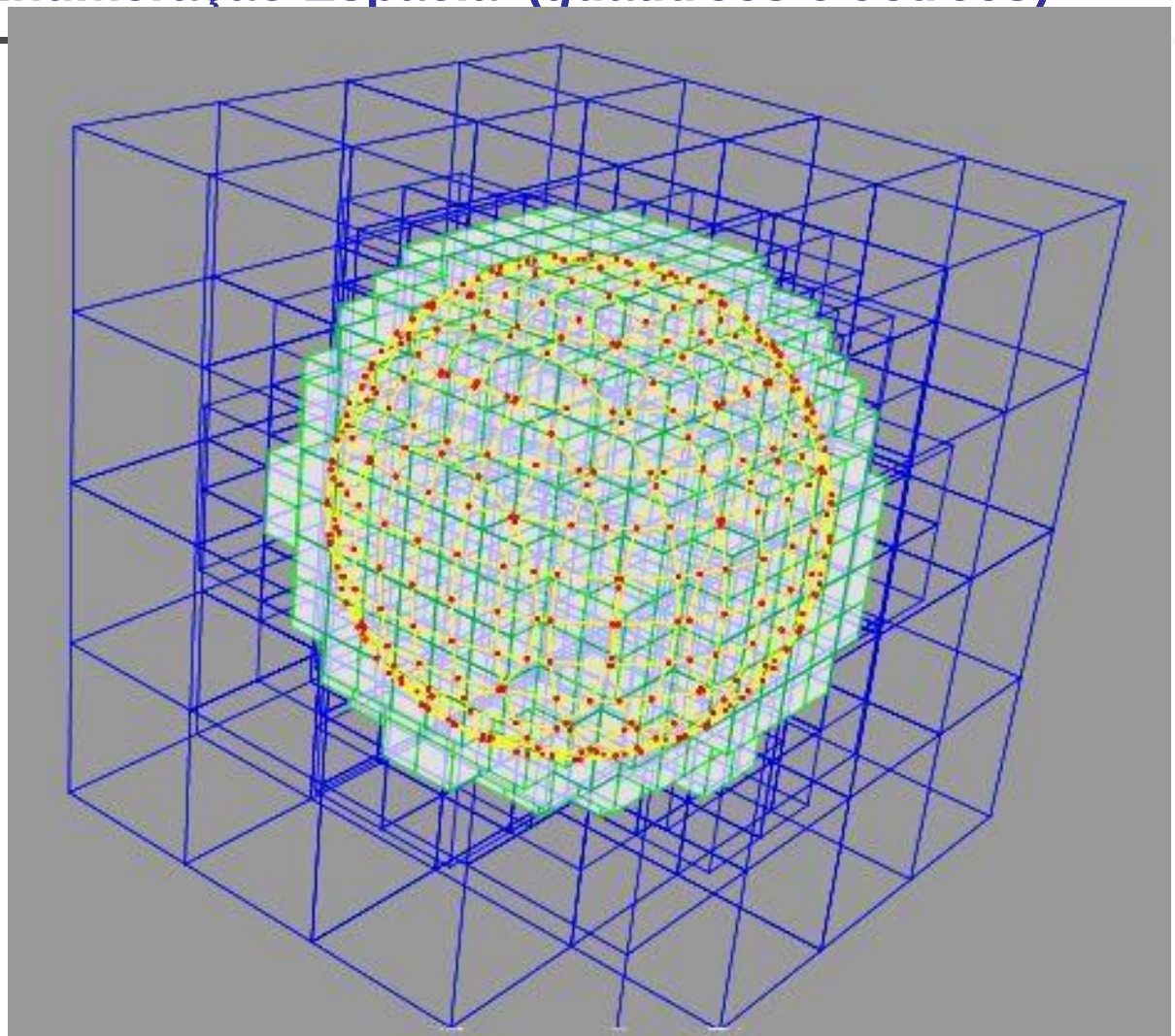
		0	1	2	3	4
Z	31	1	1	1	1	1
Y	30	1	1	1	1	0
X	30	1	1	1	1	0
		7	7	7	7	4



Claudio Esperança e Paulo Roma Cavalcanti
http://www.lcg.ufrj.br/cg/downloads/LCG_Modelagem.ppt

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)



Octree containing pieces of an implicitly defined sphere; within each terminal node surface vertices are computed and connected to form a polygon

Formas de Representação

Enumeração Espacial (*quadtrees* e *octrees*)

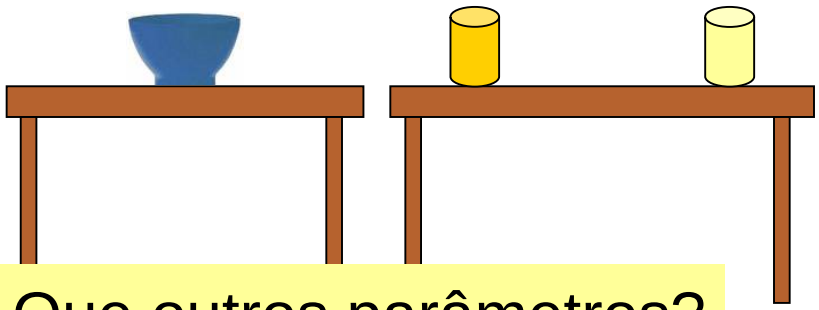
- Vantagens
  - É fácil determinar se um dado ponto pertence ou não ao sólido
  - É fácil determinar se dois objetos se interferem (se tocam)
  - Facilita a realização de operações de união, intersecção e diferença entre sólidos
- Desvantagem
  - Uma representação detalhada necessita de muita memória
- Aplicabilidade

Formas de Representação

Cenas

- Cena
  - Conjunto de objetos posicionados num sistema de coordenadas (2D ou 3D)
  - Pode ser representada por um tipo de tabela, como ilustra o exemplo abaixo

Modelo	Cor	Outros parâmetros
Mesa		
Mesa		
Copo		
Copo		
Cumbuca		



Que outros parâmetros?
Em que SR?

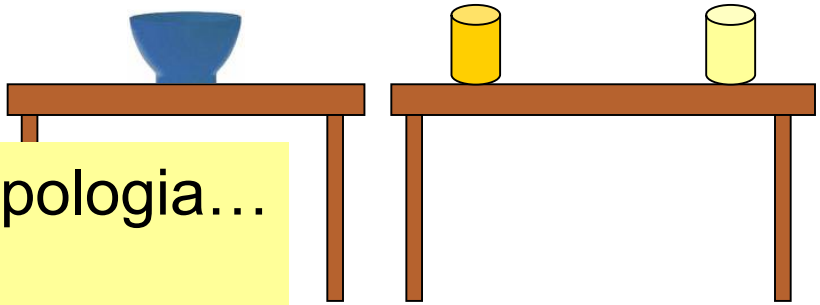
Formas de Representação

Cenas

- Cena
  - Conjunto de objetos posicionados num sistema de coordenadas (2D ou 3D)
  - Pode ser representada por um tipo de tabela, como ilustra o exemplo abaixo

Modelo	Cor	Outros parâmetros
Mesa		
Mesa		
Copo		
Copo		
Cumbuca		

Vértices, arestas, topologia…
SRU…



Formas de Representação

Grafo de Cena

- Grafo de cena é uma estrutura de dados que organiza a representação espacial dos objetos de uma cena
- É usado em ferramentas gráficas de edição que trabalham com dados vetoriais, jogos e outras aplicações interativas
  - Exemplo: OpenSceneGraph, Java 3D, Open Inventor, OpenGL Optimizer, AutoCAD e CorelDRAW

Formas de Representação

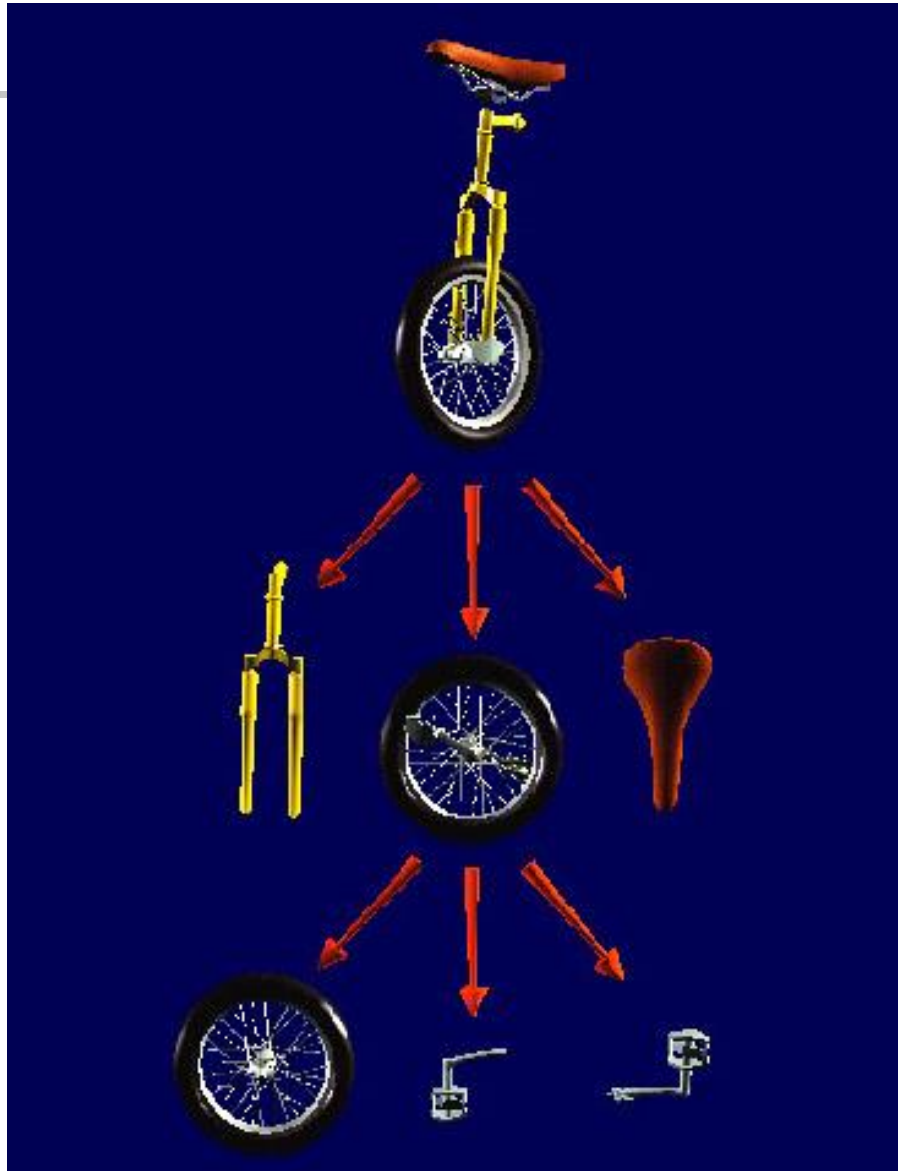
Grafo de Cena

- Consiste em uma coleção de nodos em um grafo ou árvore
  - Um nodo pode ter vários filhos, mas, geralmente, um único pai
  - Uma operação aplicada ao pai, será aplicada em todos os filhos
- Por exemplo:
  - É possível agrupar objetos relacionados e tratá-los como se fossem único objeto que pode ser selecionado, movido, etc

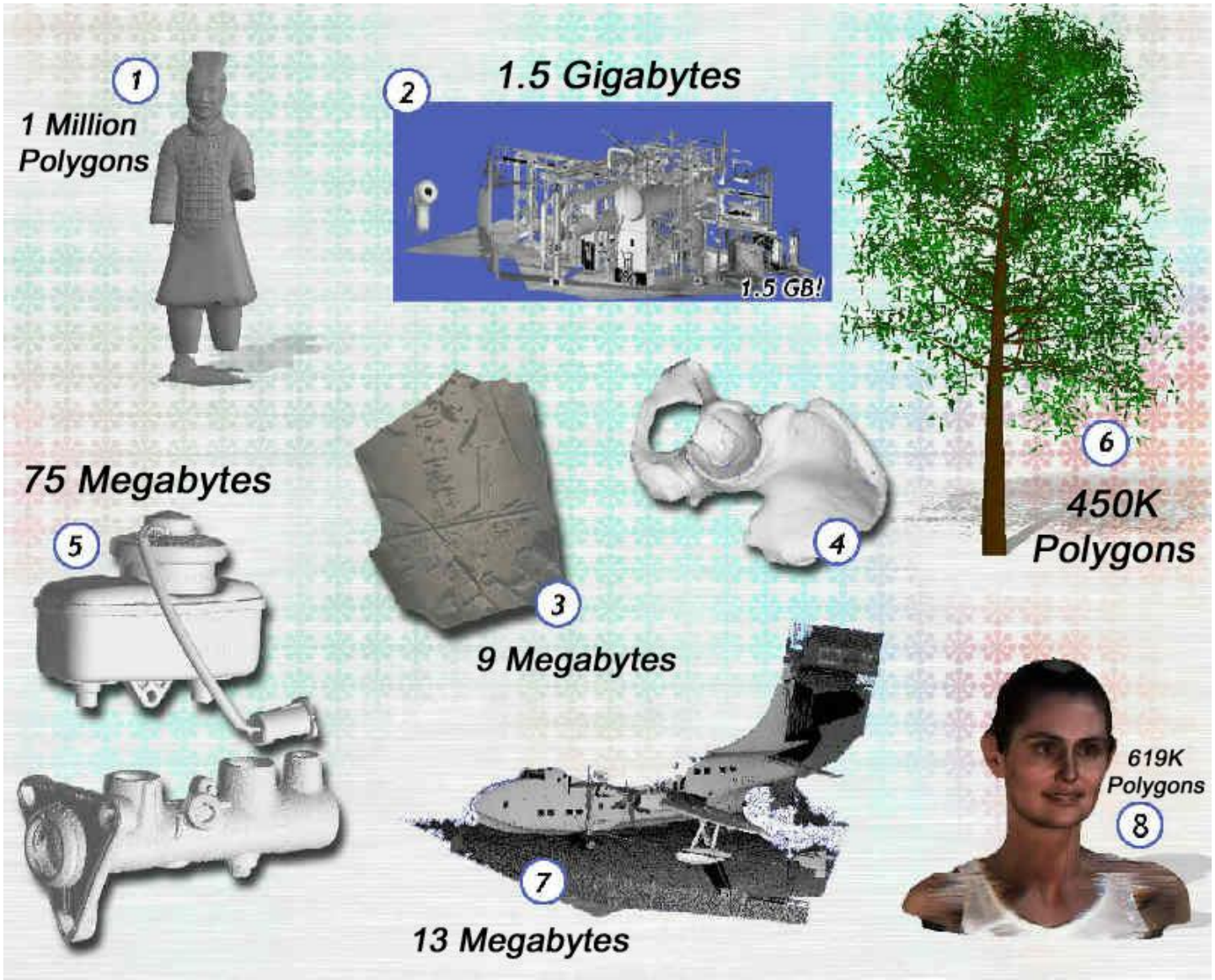
Formas de Representação

Grafo de Cena

- Exemplo
  - Grafo de cena conceitual



Espaço de armazenagem…



Técnicas de Modelagem

- **Modelagem**
  - Modelo
    - objeto destinado a reproduzir
    - representação em pequena escala daquilo que se pretende executar em grande escala
    - conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema físico pelo qual se procura explicar ou prever, dentro de uma teoria científica, as propriedades do sistema
  - Modelar
    - representar por meio de modelo
    - assinalar os contornos de
    - dar forma a

Técnicas de Modelagem

- Modelagem computacional
  - Modelos não são representados fisicamente, são usados para representar entidades e fenômenos do mundo físico real no computador
  - As unidades dos dados e parâmetros do modelo computacional são a referência para as dimensões do objeto modelado
- Modelagem (em Computação Gráfica) consiste em todo o processo de descrever um modelo, objeto ou cena, de forma que se possa desenhá-lo

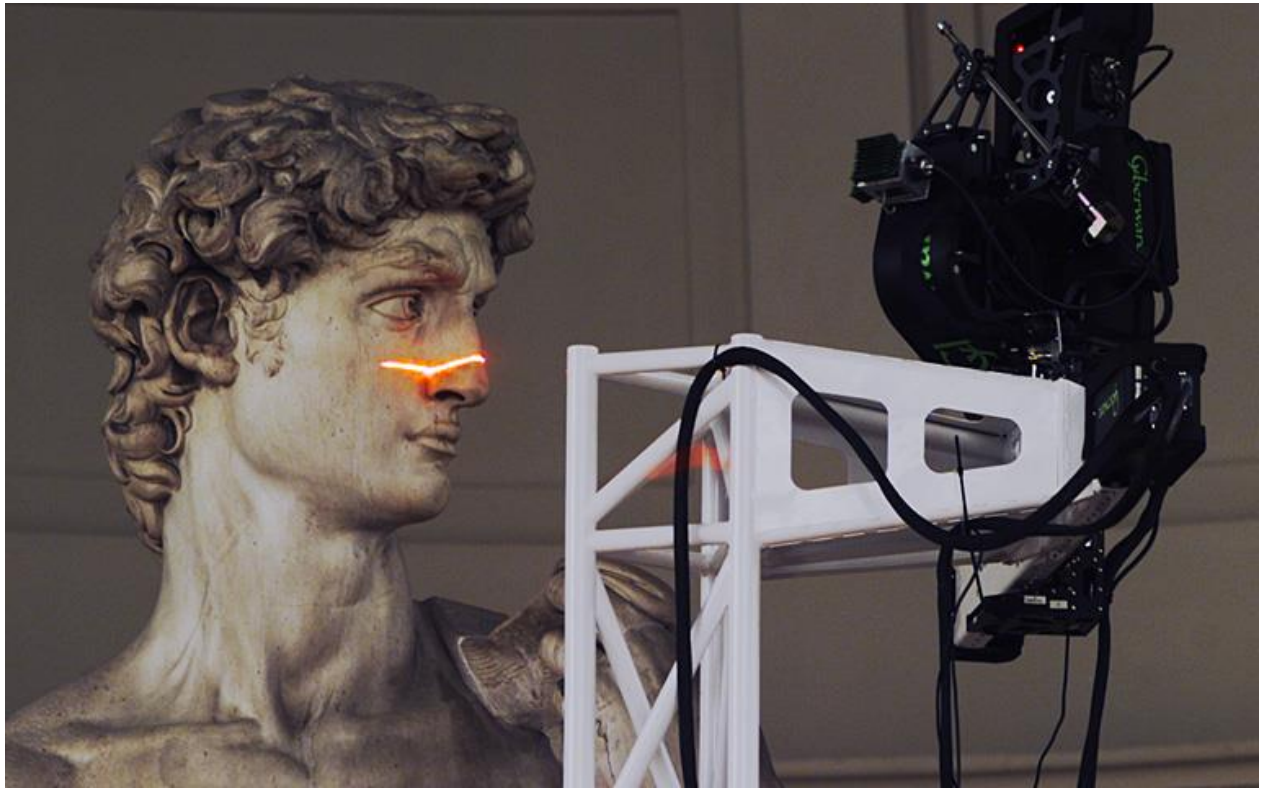
Técnicas de Modelagem

- Modelos
  - Utilizados para representar entidades físicas ou abstratas e fenômenos no computador (estrutura e/ou comportamento)
  - Permitem a realização de simulações, testes e previsão do comportamento das entidades modeladas
  - Devem incluir apenas as informações essenciais
    - Modelo geométrico, e/ou
    - Descrição das propriedades de reflexão e textura, e/ou
    - Descrição das propriedades elásticas

Técnicas de Modelagem

- Projeto e implementação dos modelos é uma etapa muito importante
  - Representação adequada das propriedades das entidades para facilitar o uso e a análise
  - Determinar quais informações devem ser incluídas e como devem ser incluídas
  - Bom modelo comporta-se como o objeto real

Técnicas de Modelagem
Digitalização e captura



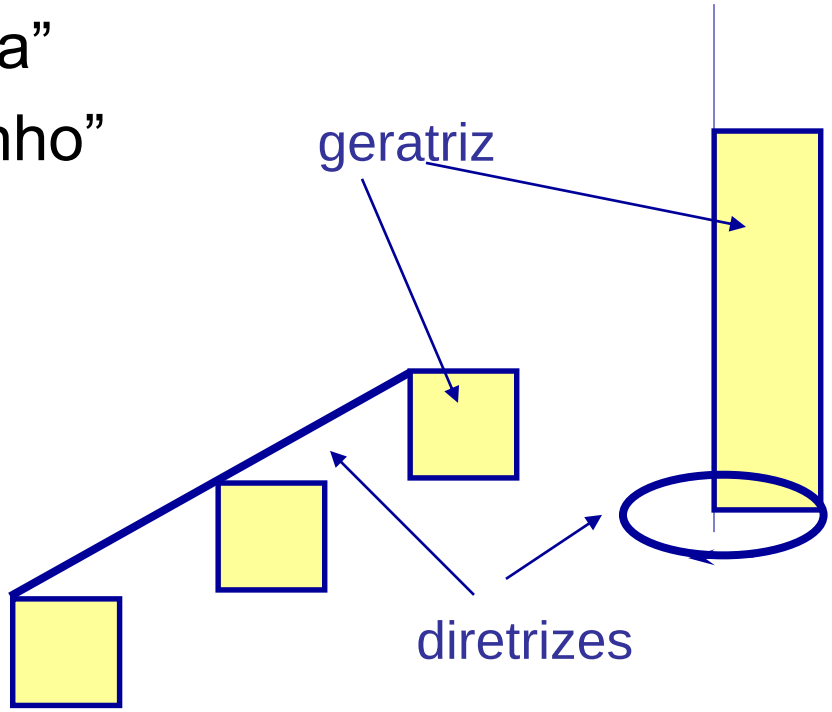
http://www-graphics.stanford.edu/projects/mich/

Técnicas de Modelagem

Varredura (Sweeping)

http://www.youtube.com/watch?v=EXlyUYTk57U

- Útil para a construção de objetos 3D simétricos
- Objetos gerados pelo arrastar de uma curva ou superfície ao longo de uma trajetória no espaço
  - Geratriz - “forma”
  - Diretriz - “caminho”



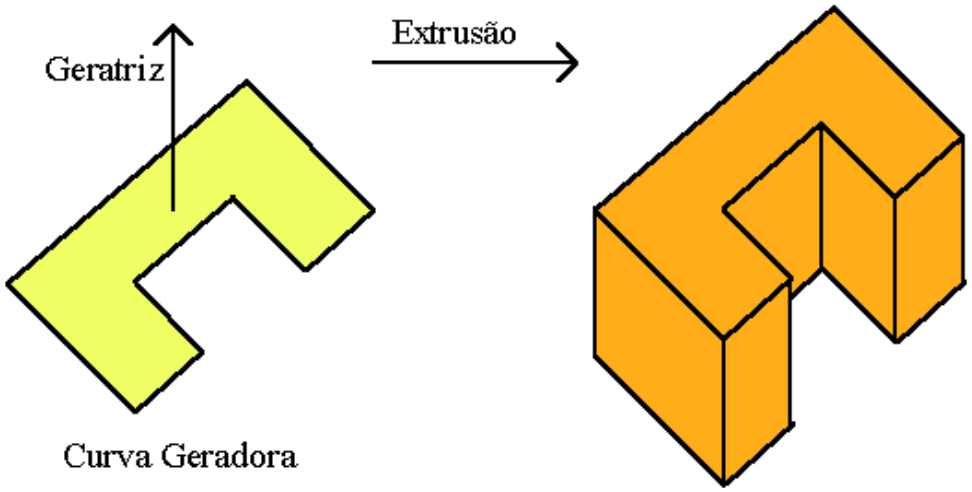
Técnicas de Modelagem

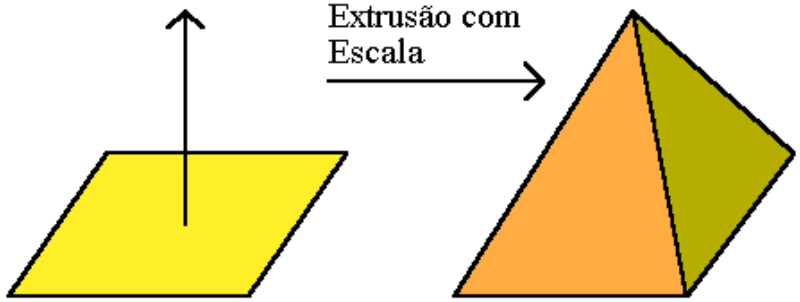
Varredura

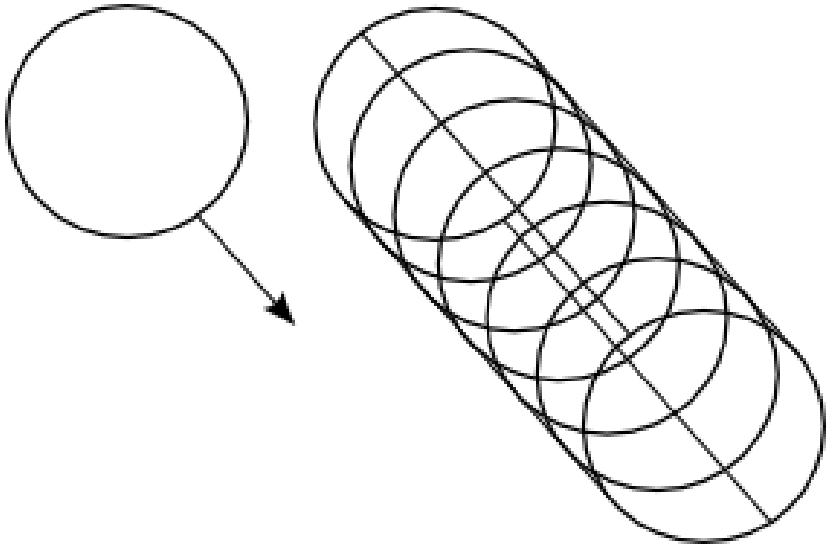
- Curva aberta gera superfície
- Curva fechada gera sólido
- Trajetória (3D) pode ser reta ou curva
- *Sweep* rotacional
  - Trajetória é um círculo ao redor de um eixo
- *Sweep* translacional (ou extrusão)
  - Trajetória é uma linha

Técnicas de Modelagem

Varredura

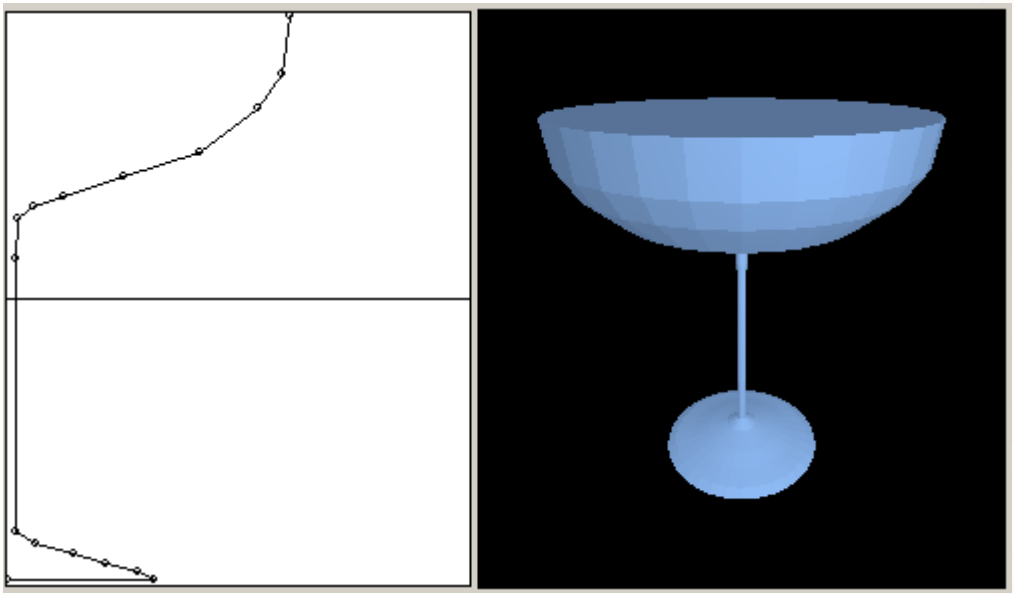


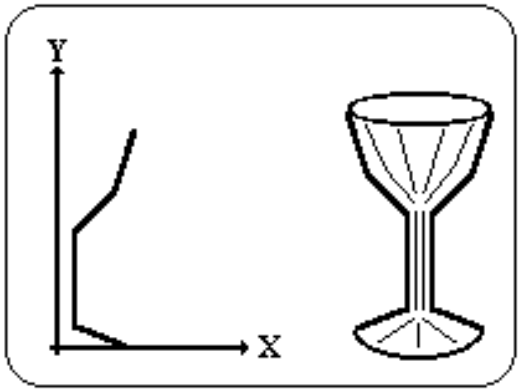


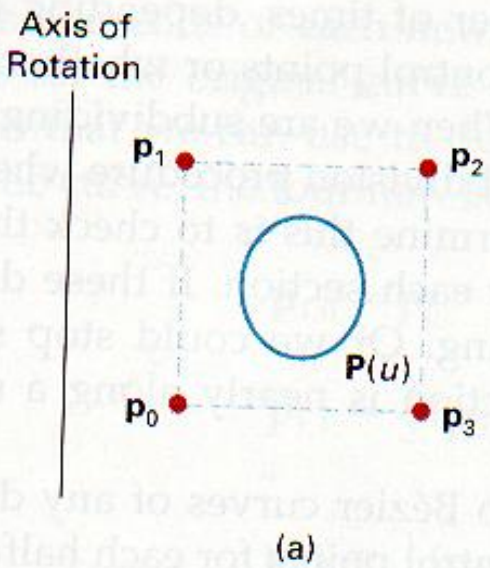


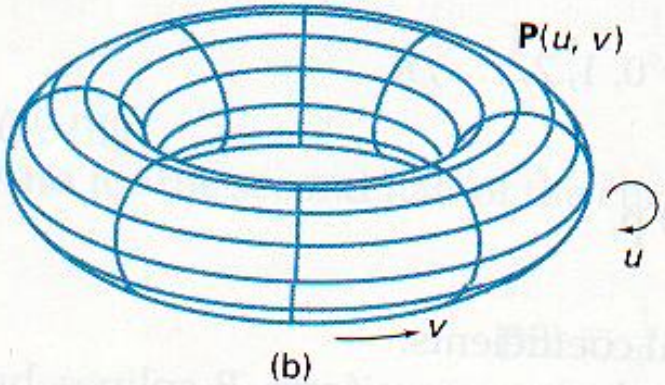
Técnicas de Modelagem

Varredura









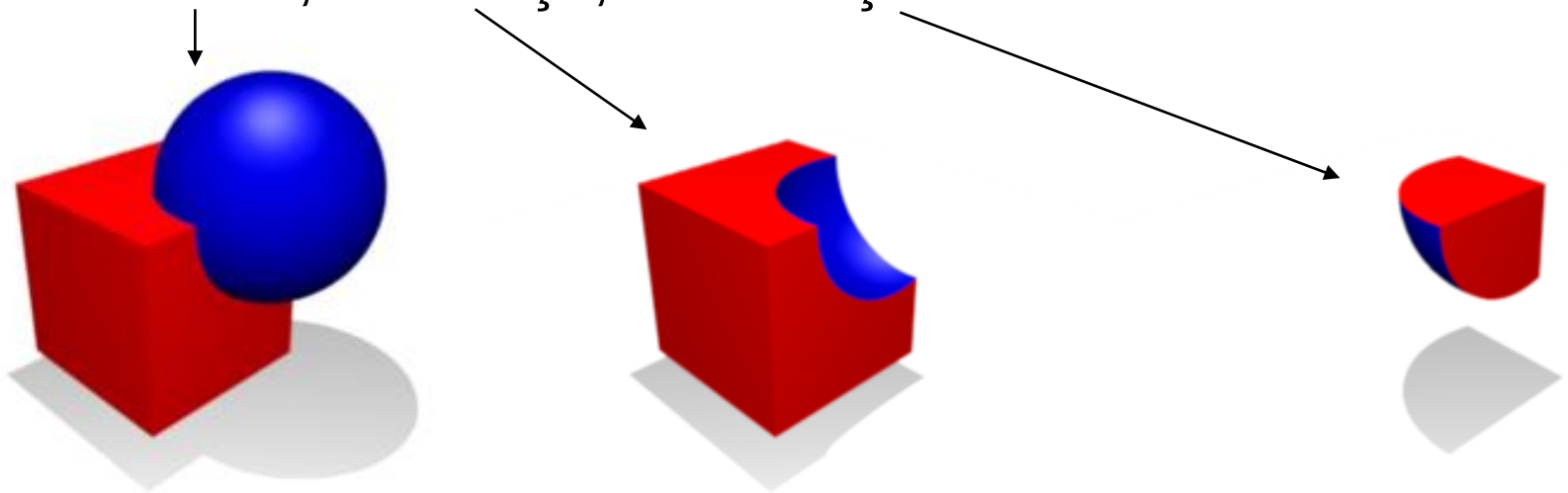
[Hearn 1997]

Técnicas de Modelagem
CSG

- CSG
  - *Constructive Solid Geometry* ou Geometria Sólida Construtiva
- Utiliza sólidos mais simples (primitivas) para composição de sólidos mais complexos
  - Exemplos de primitivas: cubo, cilindro, pirâmide, esfera e cone
  - Alguns pacotes permitem a utilização de objetos curvos

Técnicas de Modelagem
CSG

- Composição é feita através de operadores booleanos
  - União, diferença, intersecção

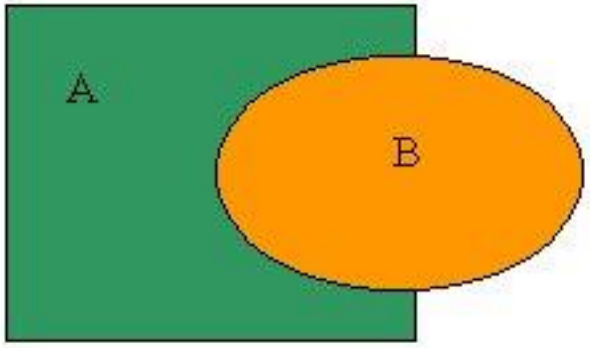


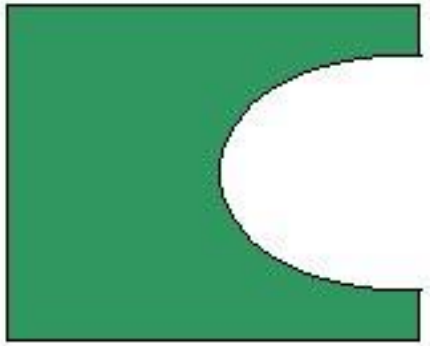
- Cada objeto é armazenado em uma árvore
  - Folhas: sólidos primitivos
  - Nós: operadores booleanos

http://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_solid_geometry

Técnicas de Modelagem
CSG

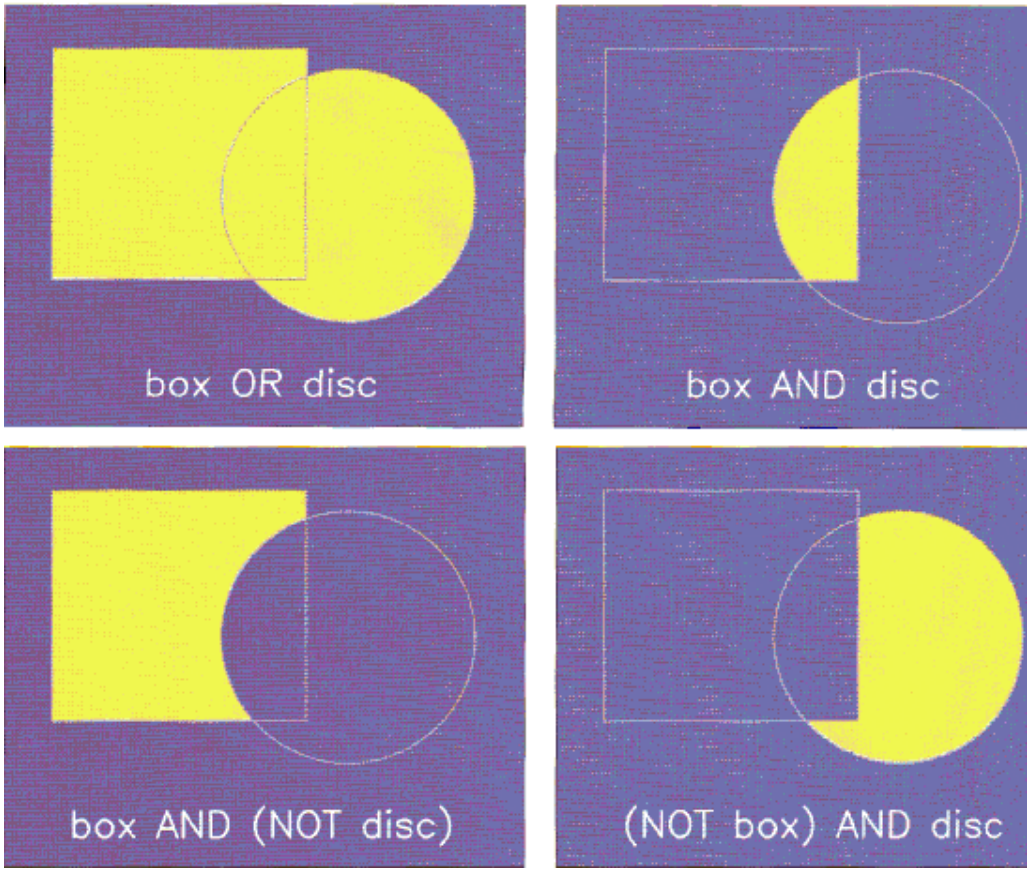
- Tipo de representação adequada para aplicações onde a precisão matemática é importante ou ferramentas CAD que trabalham com construção de objetos por agrupamento de peças mais simples (união) ou ainda por desgaste de um bloco inicial (diferença)





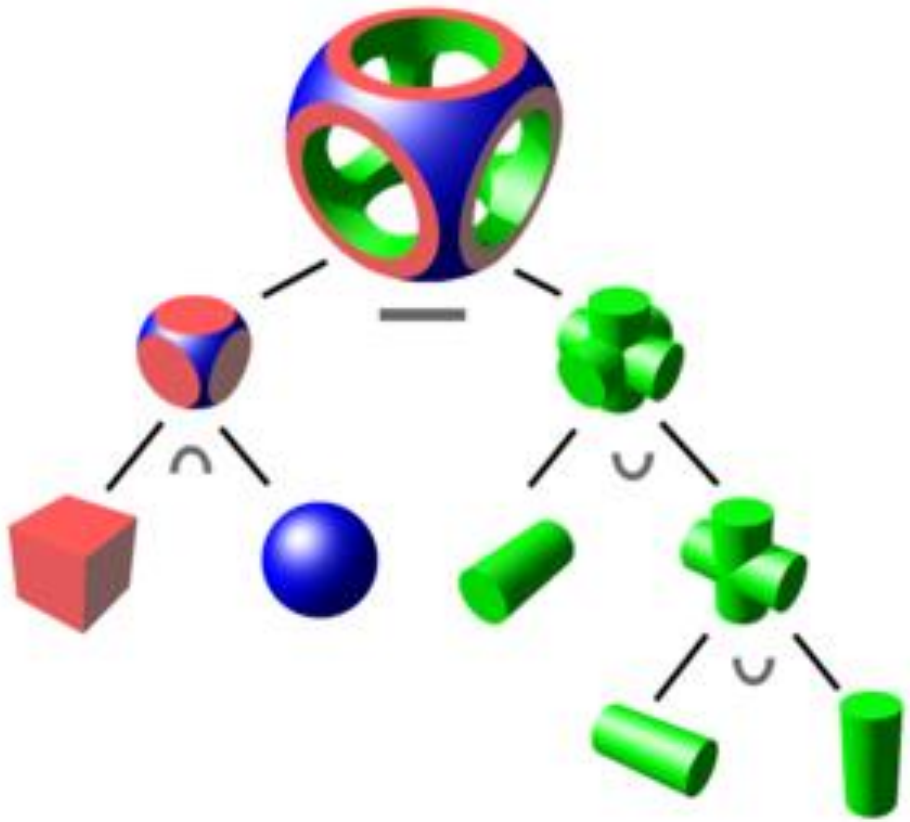
A-B

Técnicas de Modelagem
CSG



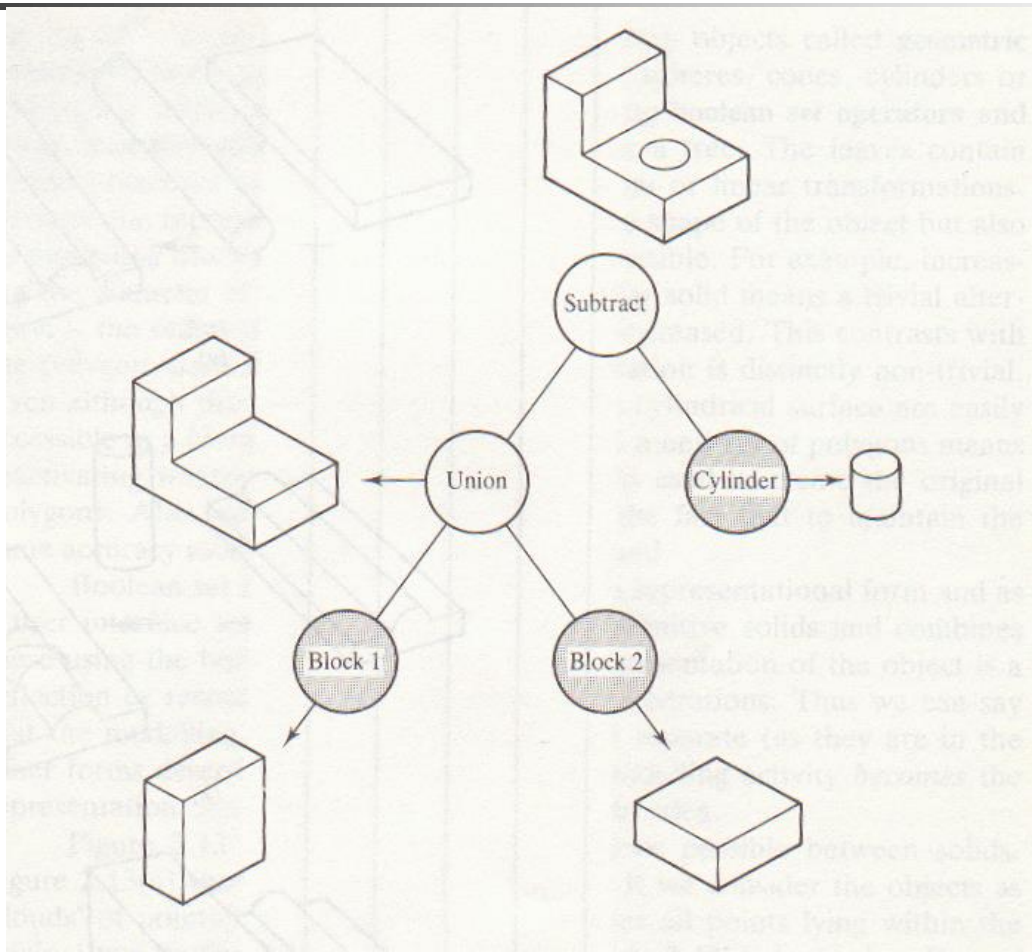
[Lathrop 1997]

Técnicas de Modelagem
CSG



http://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_solid_geometry

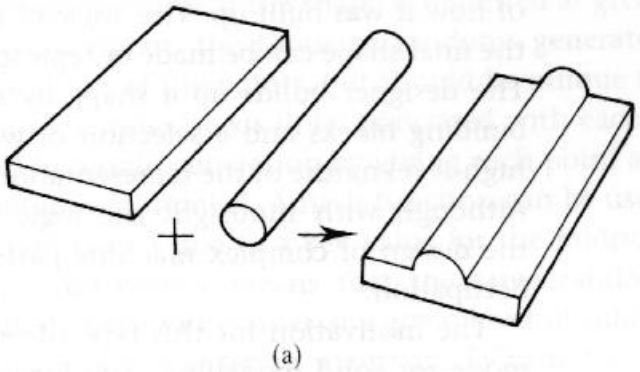
Técnicas de Modelagem
CSG



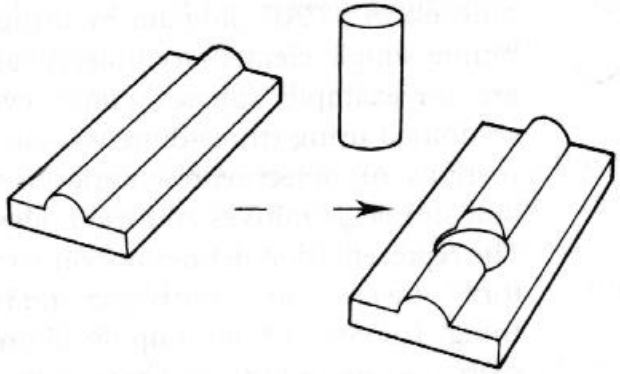
[Watt 2000]

Técnicas de Modelagem

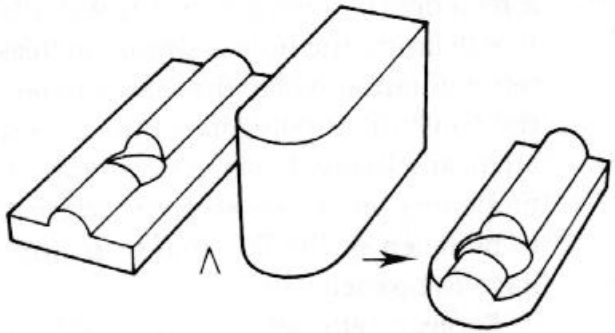
CSG



(a)



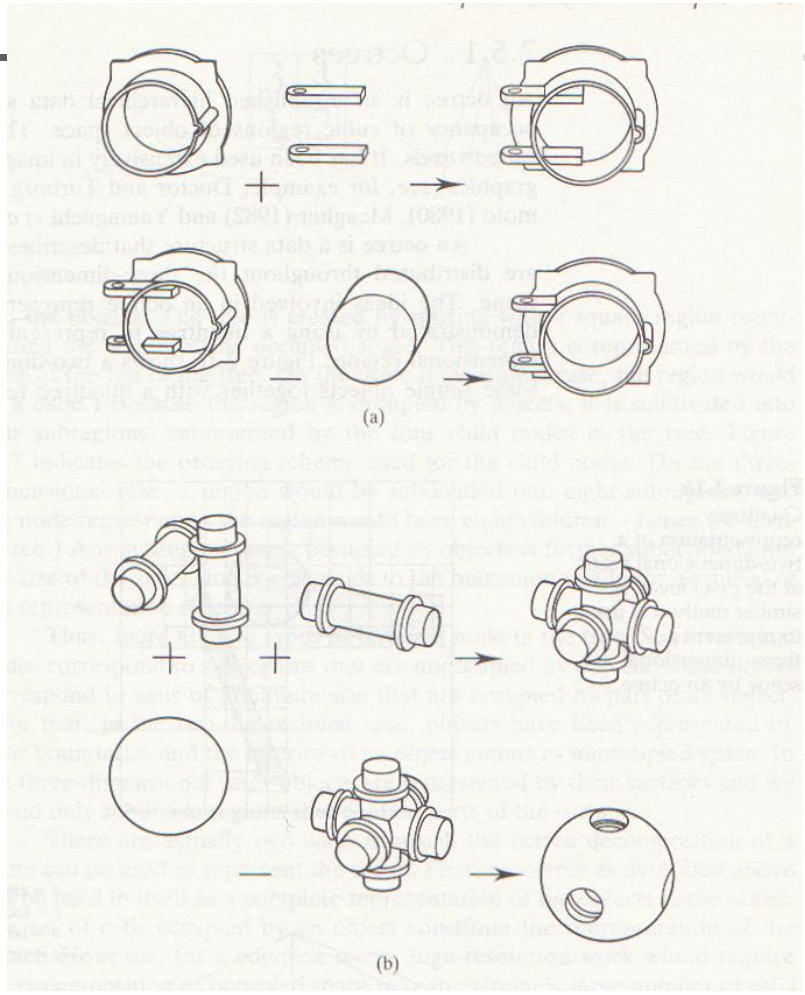
(b)



[Watt 2000]

Técnicas de Modelagem

CSG

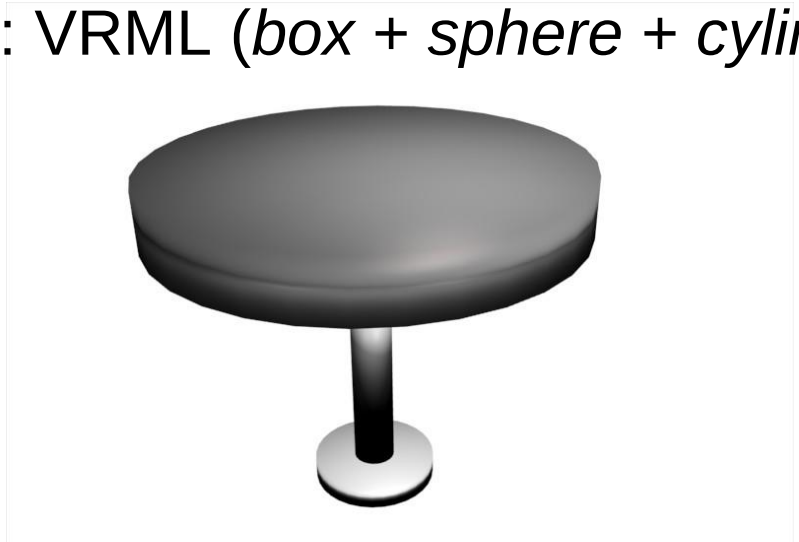


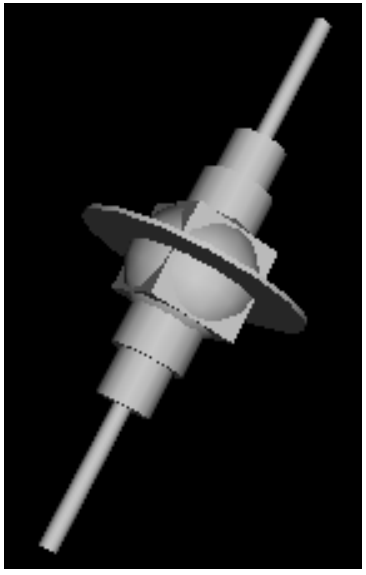
[Watt 2000]

Técnicas de Modelagem

Instanciamento de Primitivas

- Sistema define um conjunto de objetos primitivos 3D
  - Relevantes para a área de aplicação
  - Podem ser definidos por equações, malhas de polígonos ou superfícies paramétricas
  - São parametrizados (tanto em termos de transformações geométricas, como em outras propriedades) e agrupados
  - Ex: VRML (*box* + *sphere* + *cylinder*)





[Ames 1997]

Técnicas de Modelagem

Modelagem Procedural

- Modelagem Procedural
  - Engloba métodos alternativos à modelagem geométrica tradicional
  - Motivação: representar a complexidade dos objetos do mundo real (forma e comportamento)
  - Exemplos:
    - Modelagem Procedural de Terreno Fractal
    - Modelagem Procedural de Explosões
    - Modelagem Procedural de Nuvens
    - Modelagem Procedural de Água
    - Modelagem Procedural de Fogo

Técnicas de Modelagem

Modelagem Procedural

- Modelos procedurais podem descrever
  - Objetos que podem interagir com eventos externos para se modificarem (exemplos: terreno, vegetação, gases, líquidos, fogo)
  - A geometria em função de uma série de parâmetros que variam com o tempo (exemplo: explosão)
- Modelagem procedural consiste no desenvolvimento de um procedimento que, baseando-se nos parâmetros recebidos, irá construir um modelo
- Vamos ver dois exemplos
  - Fractais
  - Sistemas de Partículas

Técnicas de Modelagem

Modelagem Procedural

- Vamos ver dois exemplos
  - Fractais
  - Sistemas de Partículas

Técnicas de Modelagem

Fractais

- Fractais geram imagens fantásticas
- Surgiram de uma idéia de revolucionar a tradicional geometria euclidiana, cujas características são:
  - Figuras geométricas bem definidas (2D ou 3D)
  - Pontos, retas, planos ou sólidos
  - Não é adequada para modelar objetos naturais tais como nuvens, montanhas, arbustos e plantas
- O matemático Benoit Mandelbrot, através de sua obra *The Fractal Geometry of the Nature*¸ criou a geometria fractal

Técnicas de Modelagem

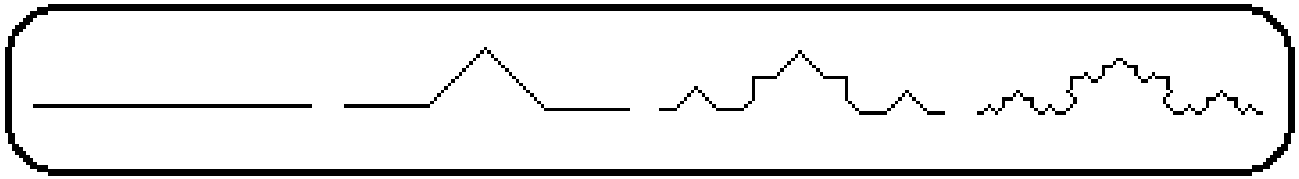
Fractais

- Geometria fractal
  - Permite a representação de certos elementos naturais que possuem características irregulares
  - Possibilita a criação destes modelos de maneira mais realista
  - Aplicações em diversas áreas, destacando-se a Computação Gráfica e a Modelagem/Simulação de elementos naturais
- Generalizando, o termo fractal significa tudo que possui uma medida substancial de similaridade

Técnicas de Modelagem

Fractais

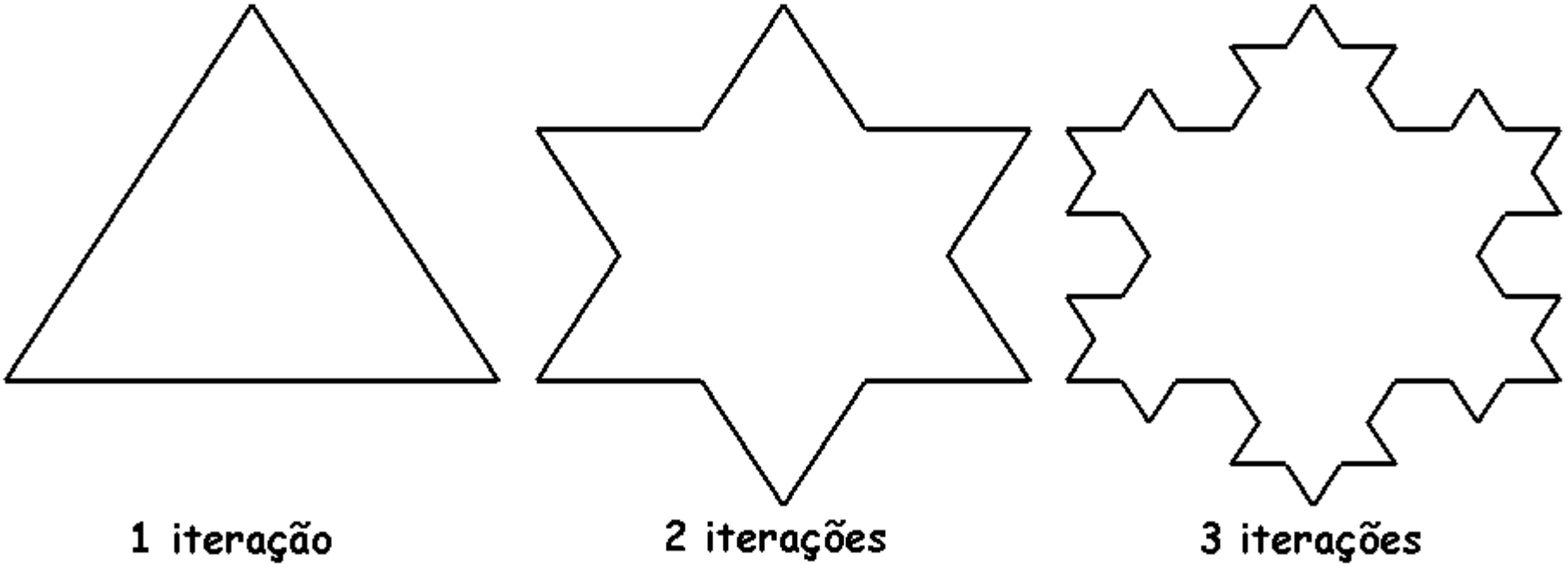
- Principais características dos fractais
  - Detalhes "infinitos" em cada ponto (dimensão fractal)
  - Porções menores reproduzem exatamente porções maiores (auto-similaridade)
- Exemplo
  - Fractal representado por uma figura geométrica inicial (segmento de reta) e uma regra de subdivisão desta figura (divide em 4 partes e inclina duas delas para formar um canto)



Técnicas de Modelagem

Fractais

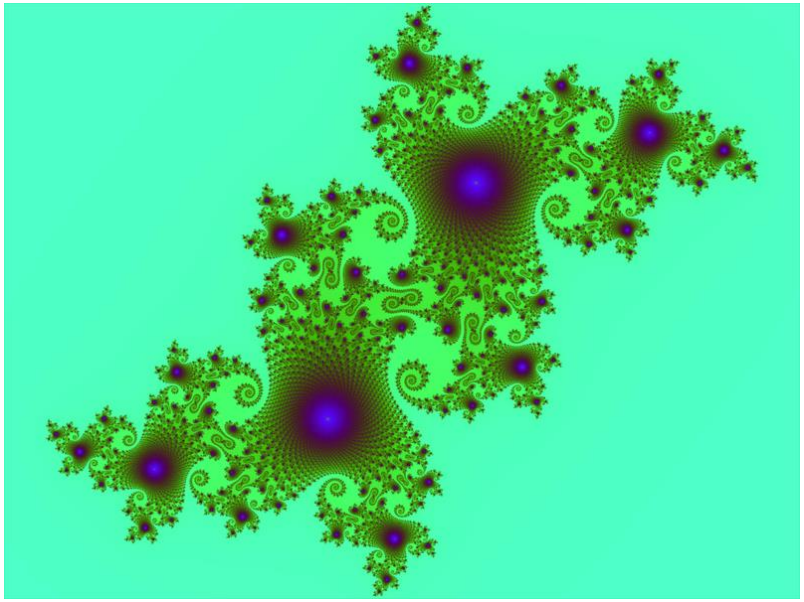
- Exemplos
  - Floco de neve de Koch



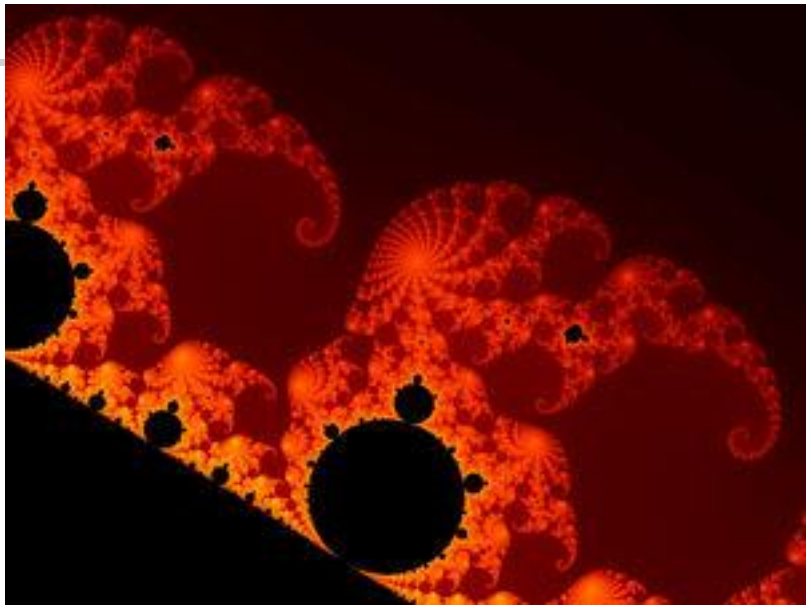
Técnicas de Modelagem

Fractais

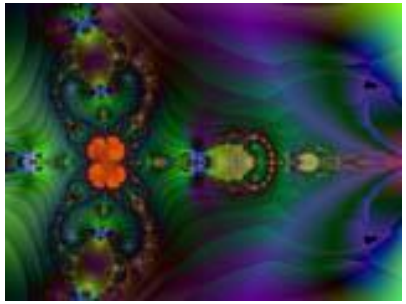
- Exemplos

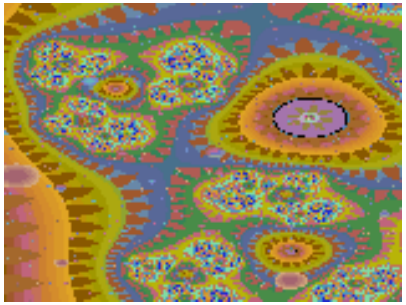


O conjunto de Julia, um fractal relacionado ao conjunto Mandelbrot



O conjunto de Mandelbrot é um exemplo famoso de fractal.



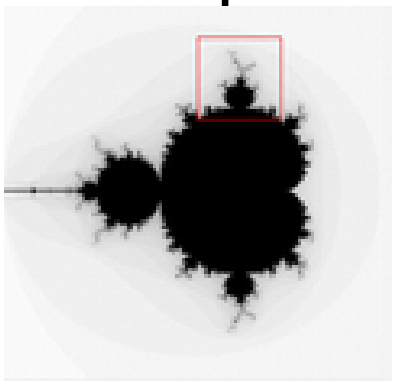


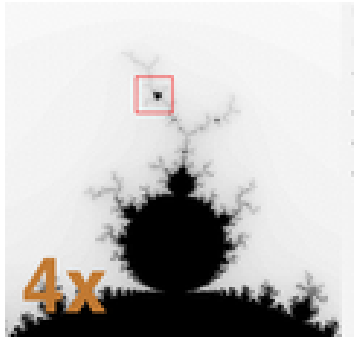
http://www.gris.uni-tuebingen.de/edu/projects/grdev/doc/html/etc/AppletIndex_en.html#Fractals

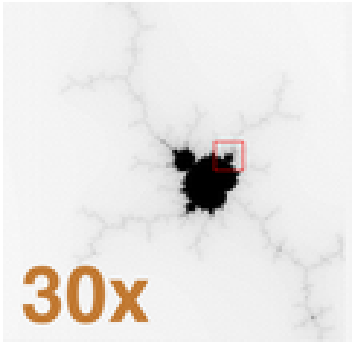
Técnicas de Modelagem

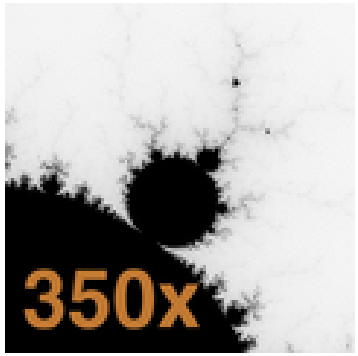
Fractais

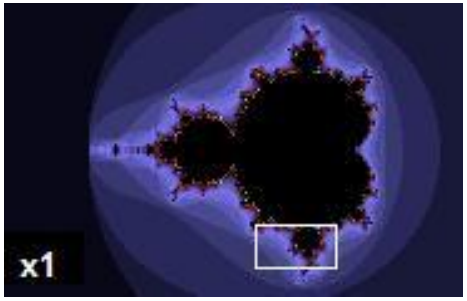
- Exemplos

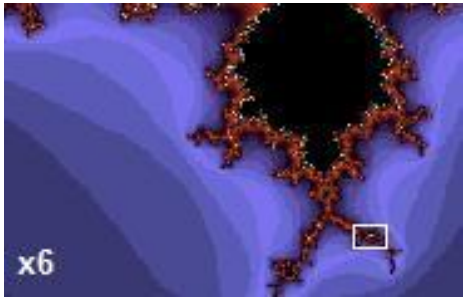


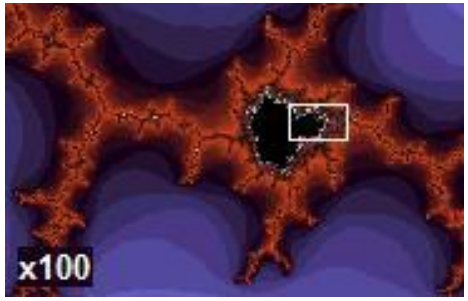


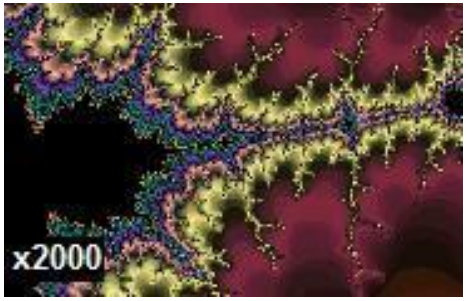












Aumento do conjunto de Mandelbrot mostra os pequenos detalhes repetindo o conjunto inteiro

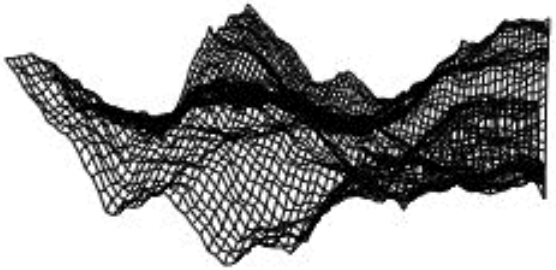
http://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal e http://en.wikipedia.org/wiki/Fractal

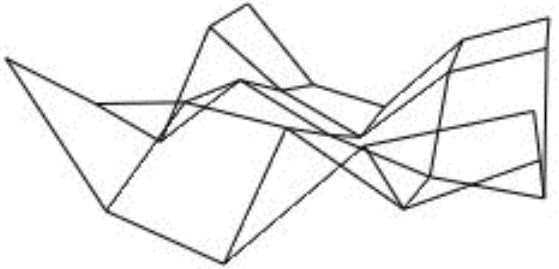
Técnicas de Modelagem

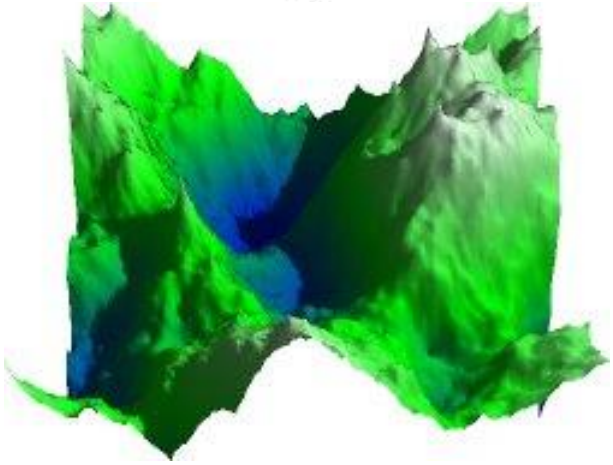
Fractais

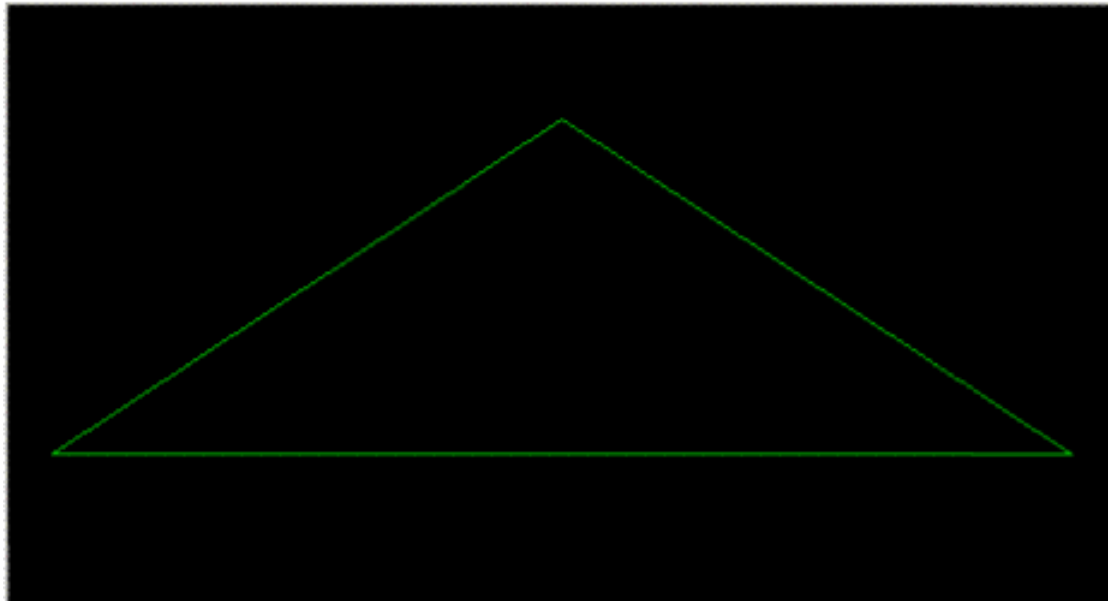
http://www.dcc.uchile.cl/~ekrsulov/cursos/cc52b/

- Exemplos
  - Modelagem de terrenos e montanhas









http://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal

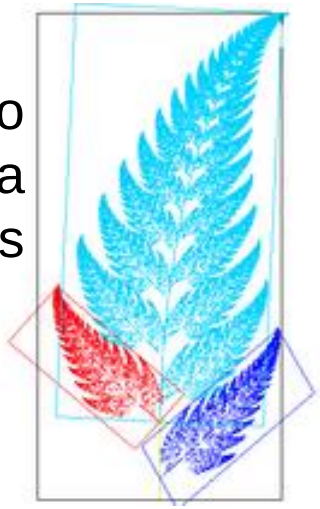
Técnicas de Modelagem

Fractais

- Exemplos

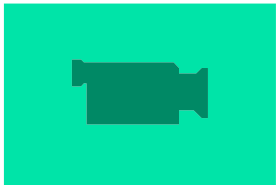
Brócolis: exemplo de um fractal natural.

Feto fractal: gerado usando um sistema de funções iteradas



Sistemas de Partículas

- CONCEITO: Conjunto de partículas cujo comportamento evolui no tempo de acordo com regras algorítmicas com o objetivo de simular um fenômeno fuzzy



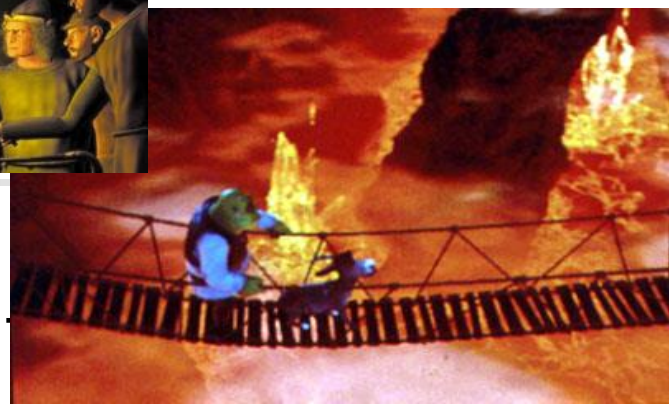
Sistemas de Partículas

- Usado em modelagem, animação e rendering (dependente da aplicação)
- Normalmente:
  - Coleção de partículas
  - Atributos definidos estocasticamente

Histórico

- William Reeves (1983): primeira aplicação – Fogo e explosão

Aplicações



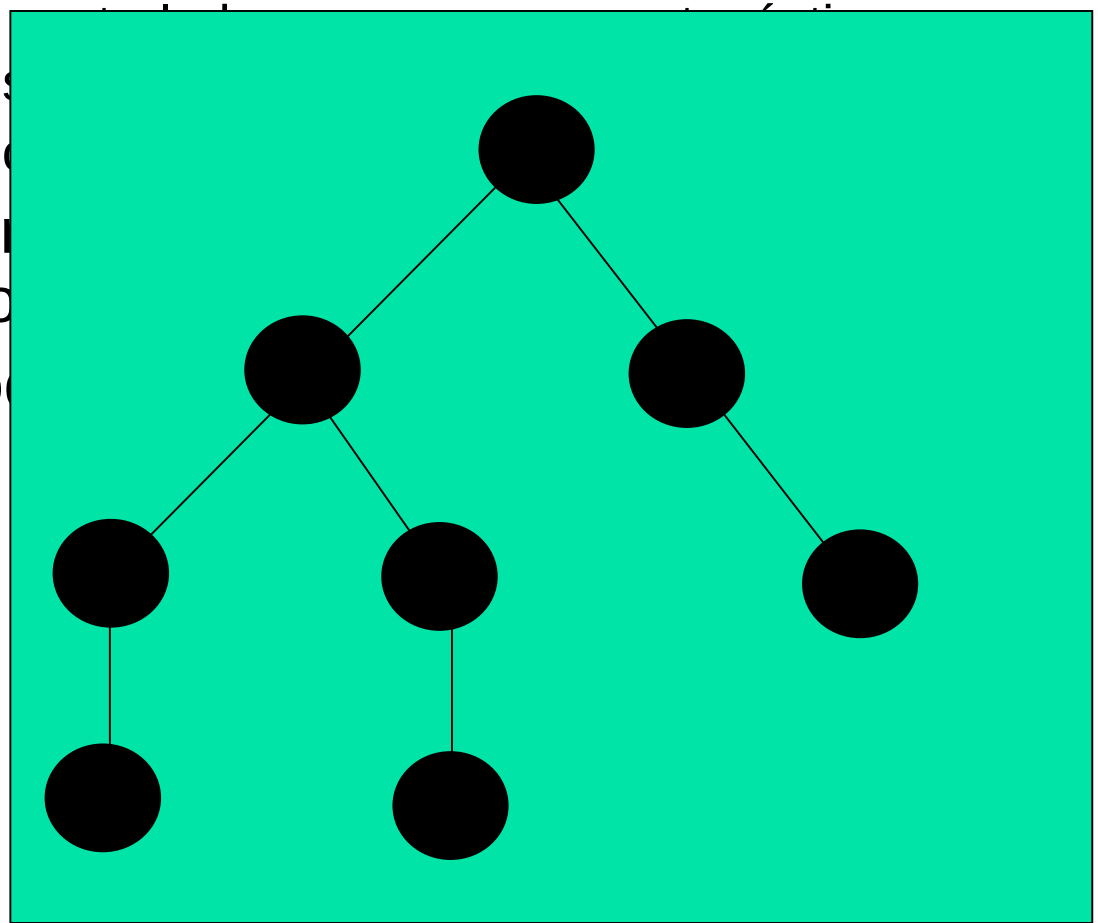
- Fenômenos naturais: explosões, fogo, nuvens, água
- Modelagem e deformação geométrica de superfícies

Modelo de Reeves (1983)

- Objetivo: modelar sistemas difusos, como nuvens, fumaça, água e fogo
- Porque as técnicas tradicionais de CG não são adaptadas a esses fenômenos?
- Evolução de partículas de acordo com regras algorítmicas incluindo aleatoriedade
- Porque possui componente estocástico?

Modelo de Reeves (1983)

- Vantagens [Reeves 1983]:
  - Partículas são geometricamente simples
  - Modelo procedural
    (poucos parâmetros
  - O modelo é dinâmi
- As partículas poder
  árvores contendo c
- Esses sistemas po
  tempos separados



Modelo de Reeves (1983)

- Algoritmo
  - Para cada quadro
    - Criar novas partículas
      - Incluí-las na hierarquia
      - Definir atributos
    - Matar partículas velhas
    - Gerar novos movimentos para as partículas
    - Gerar uma imagem

Modelo de Reeves (1983)

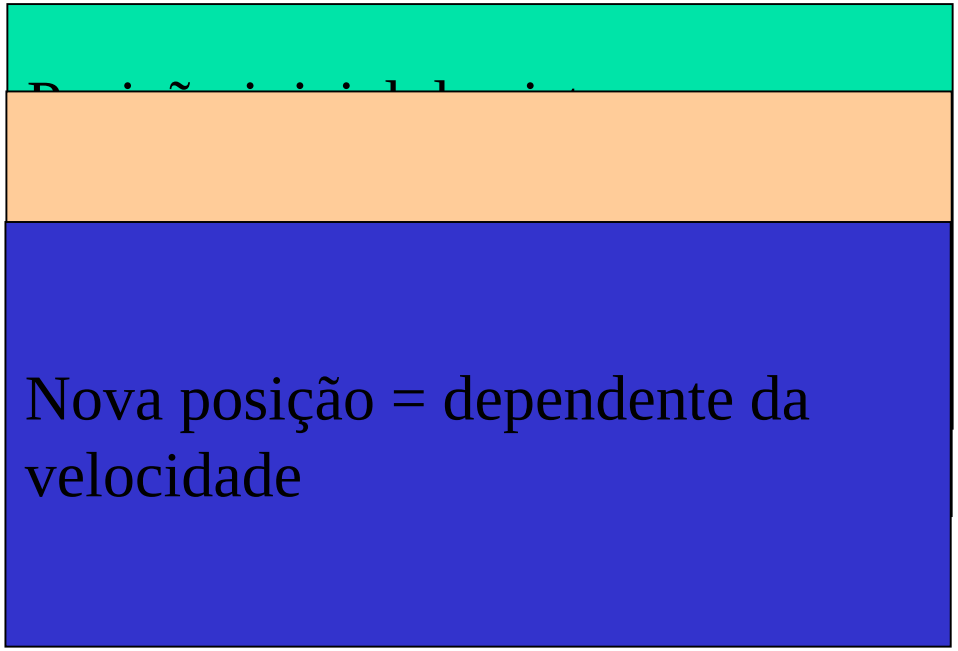
- Algoritmo
  - Para cada quadro
    - Criar novas partículas
      - Incluí-las na hierarquia (E)
      - Definir atributos (E)
    - Matar partículas velhas
    - Gerar novos movimentos para as partículas (E)
    - Gerar uma imagem

Modelo de Reeves (1983)

- (E) define parâmetros que controlam a faixa de validade dos atributos de forma, aparência e movimento
- Por exemplo: n = m + vr
  - n = número de partículas a serem criadas
  - m = média de valores
  - v = variância
  - r = variável aleatória distribuída no intervalo [-1;1]
- O usuário controla m e v

Modelo de Reeves (1983)

- Outros parâmetros:
  - Posição
  - Velocidade
  - Forma
  - Tamanho
  - Cor
  - Transparência
  - Tempo de vida



Modelo de Reeves (1983)

- Porque uma partícula morre?
  - Tempo de vida: Seu tempo de vida acabou
  - Baixa intensidade: sua cor não pode ser vista
  - Fuga do pai (na hierarquia); sai do controle

Modelo de Reeves (1983)

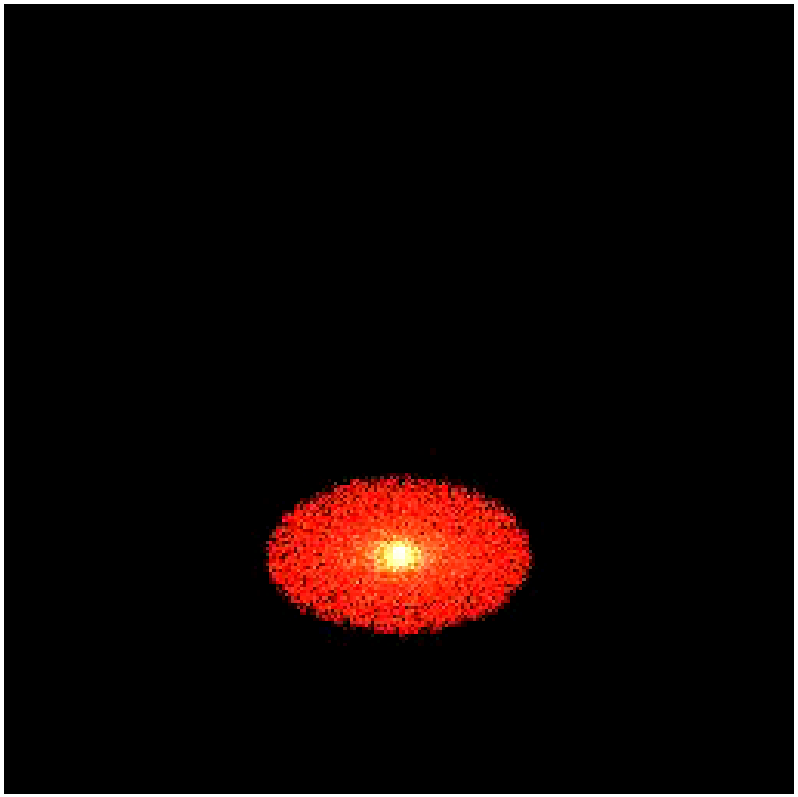
- Rendering
  - Simplificação possível:
    - Cada partícula é uma fonte pontual de luz (oclusão)
- Performance:
  - Dependendo do número de partículas a serem simuladas, não pode ser em tempo real

Exemplos

- Algoritmo de Reeves 1983
- Cada partícula é representada por um pixel na imagem gerada
- A cor de cada pixel é o resultado das cores de várias partículas que estão ativas no mesmo pixel
- 20000 partículas
- 20 a 50 frames

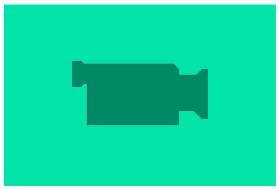
Exemplo 1

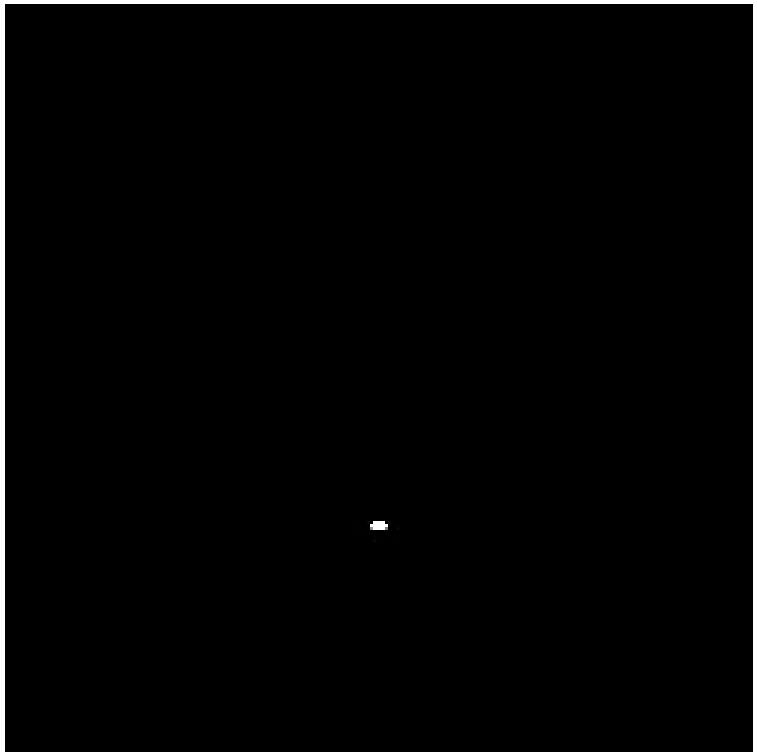
- Partículas são geradas numa estrutura em disco circular com velocidades iniciais. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas



Exemplo 2

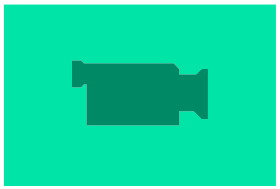
- Partículas são geradas todas próximas a um ponto no espaço com velocidades iniciais. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas

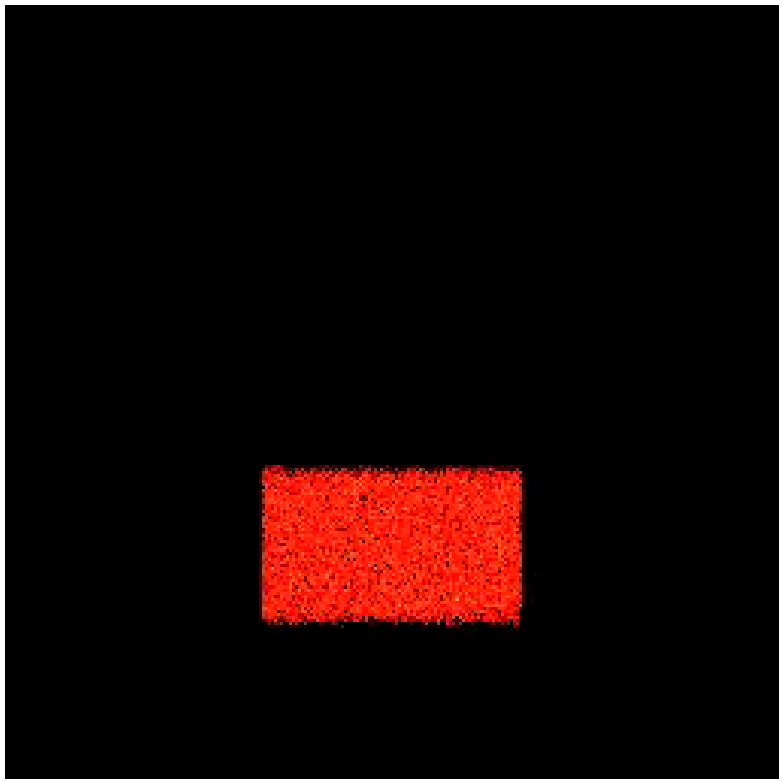




Exemplo 3

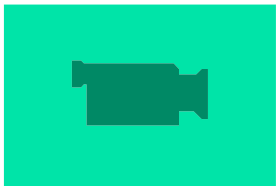
- Partículas são geradas numa estrutura quadrada com velocidades iniciais. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas





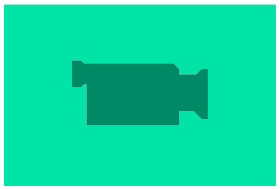
Exemplo 4

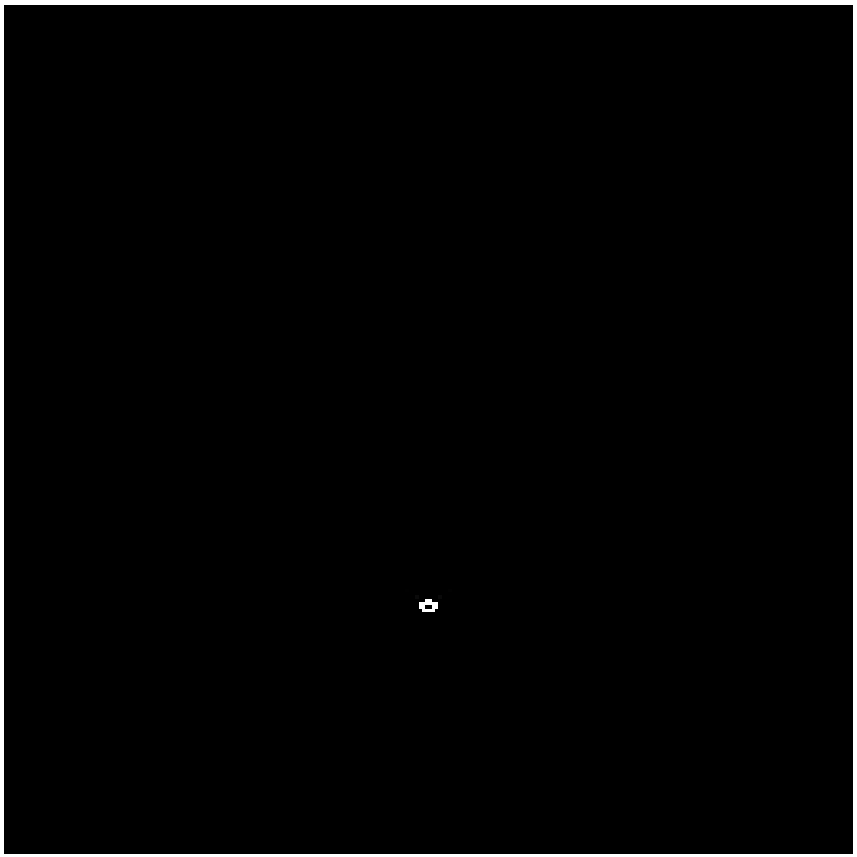
- Partículas são geradas numa estrutura toróide. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas



Exemplo 5

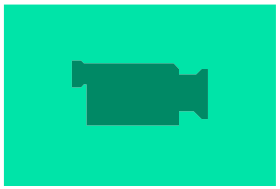
- Partículas são geradas num ponto, porém quando o tempo de vida termina, elas são reiniciadas

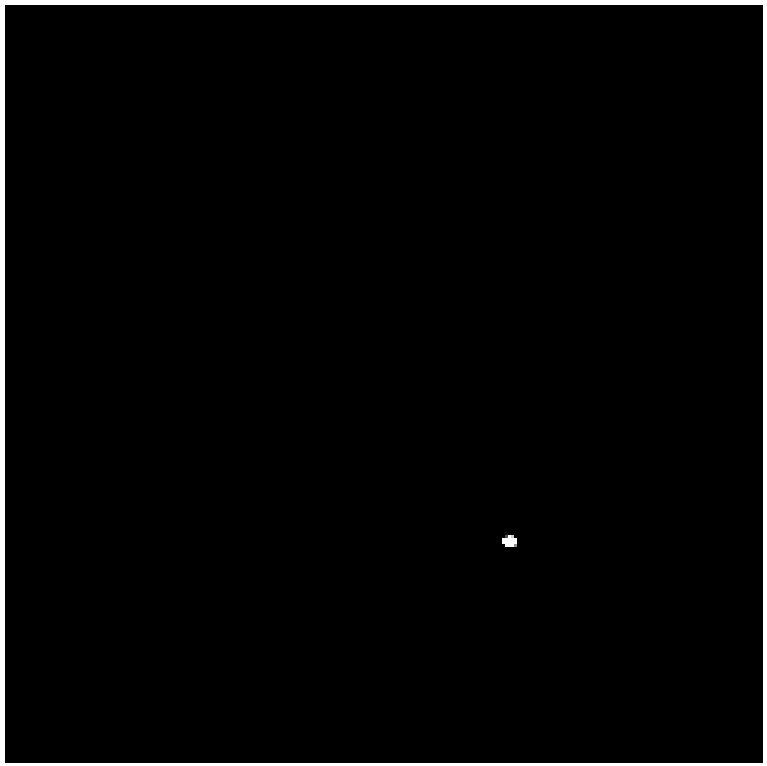




Exemplo 6

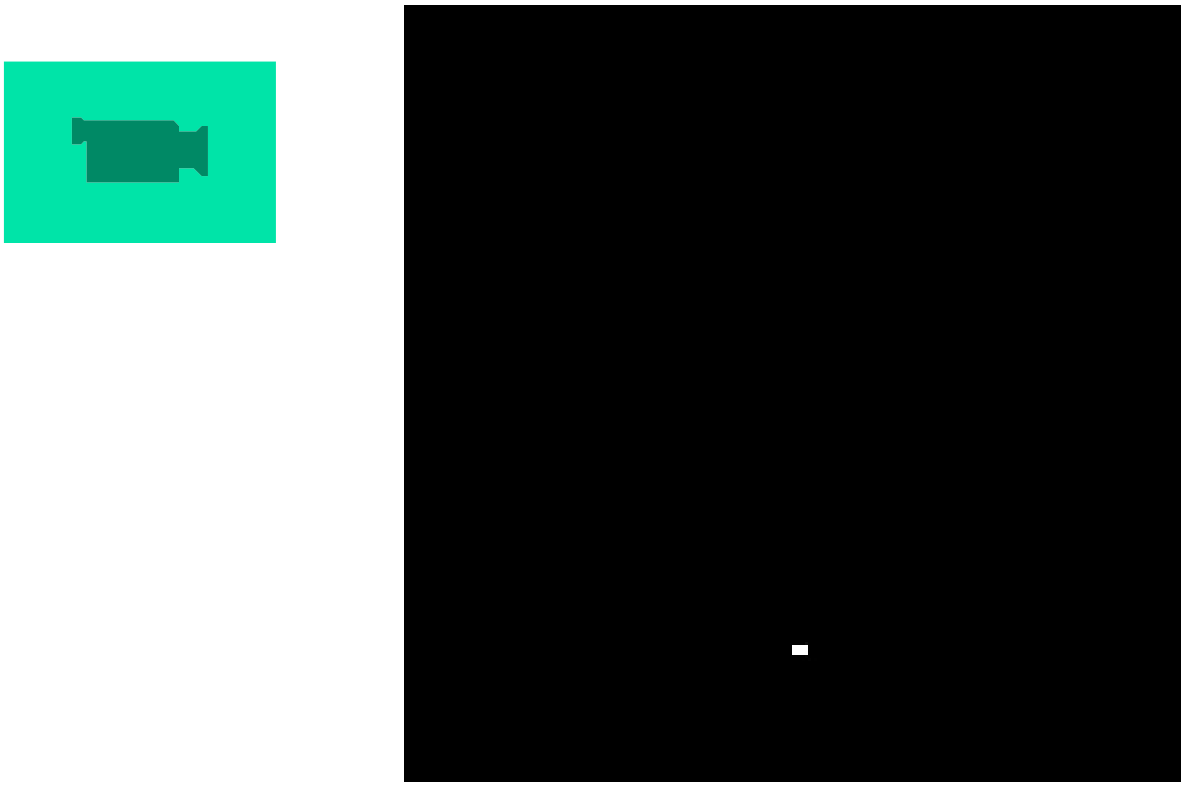
- Partículas são geradas numa ponto que varia de posição e quando o tempo de vida termina, elas são reiniciadas





Exemplo 7

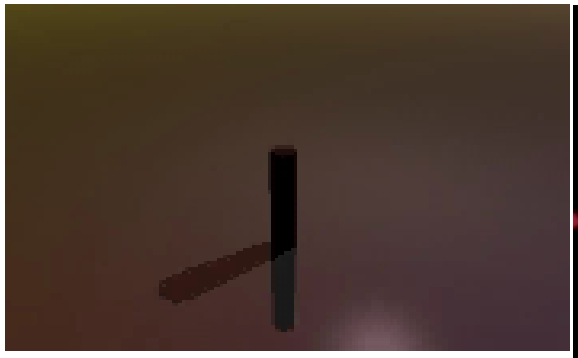
- Partículas são geradas em posições randômicas dentro de um quadrado. Quando terminam, não são regeneradas



Técnicas de Modelagem

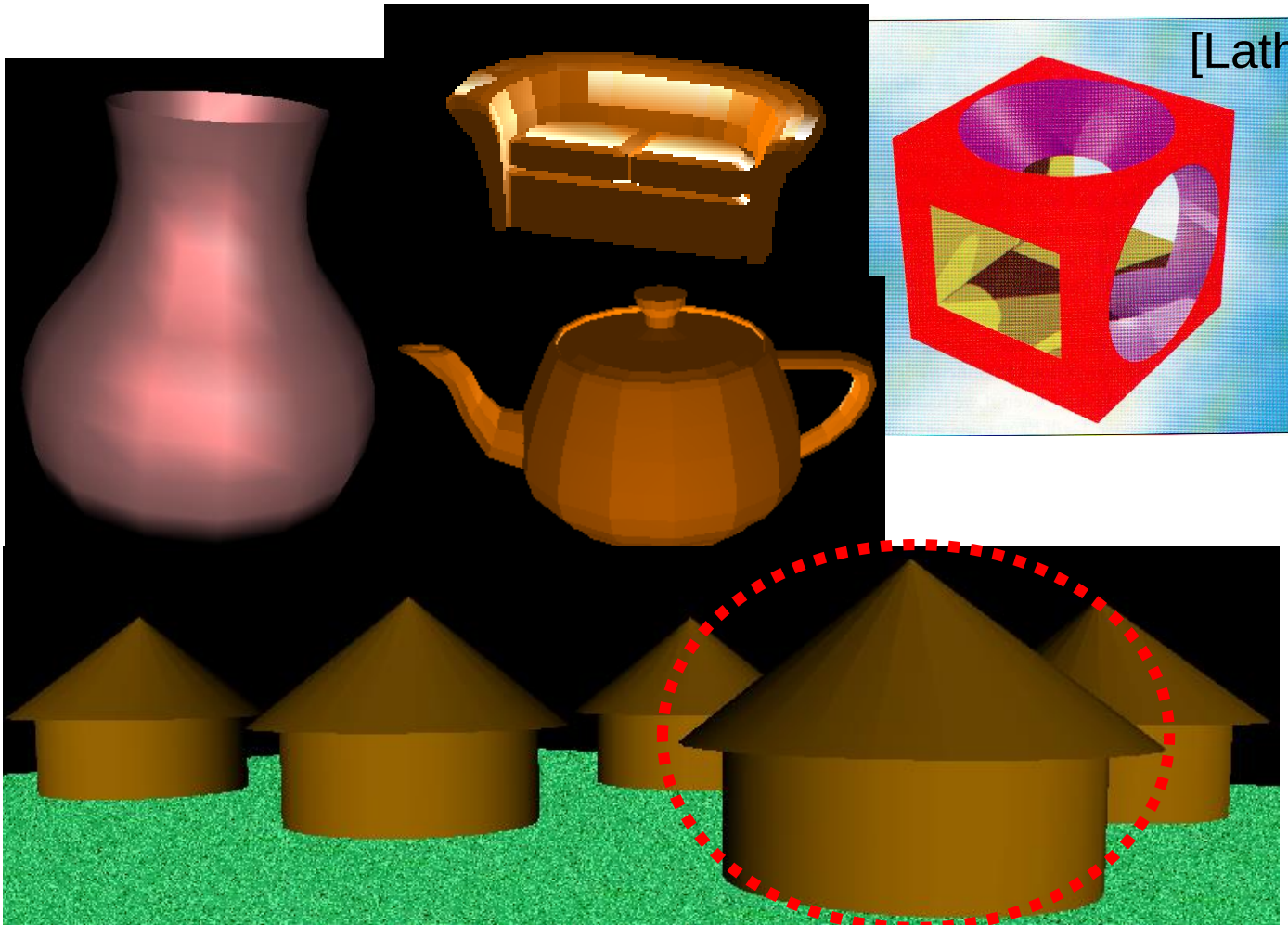
Sistemas de Partículas

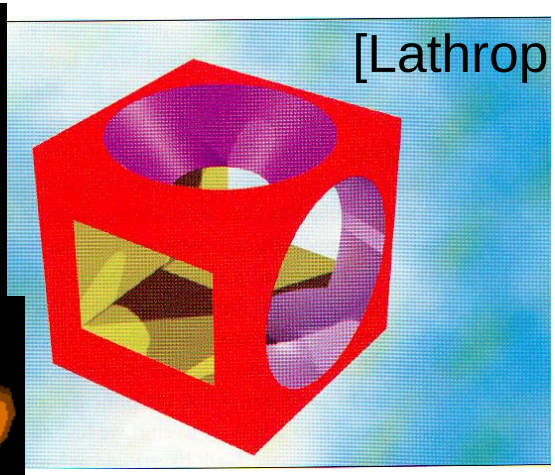
- Exemplos
  (Disponíveis em http://freespace.virgin.net/cole.family/gallery.html)



Exercícios

- Quais técnicas de representação e modelagem podem ser utilizadas para os objetos abaixo? Justifique.

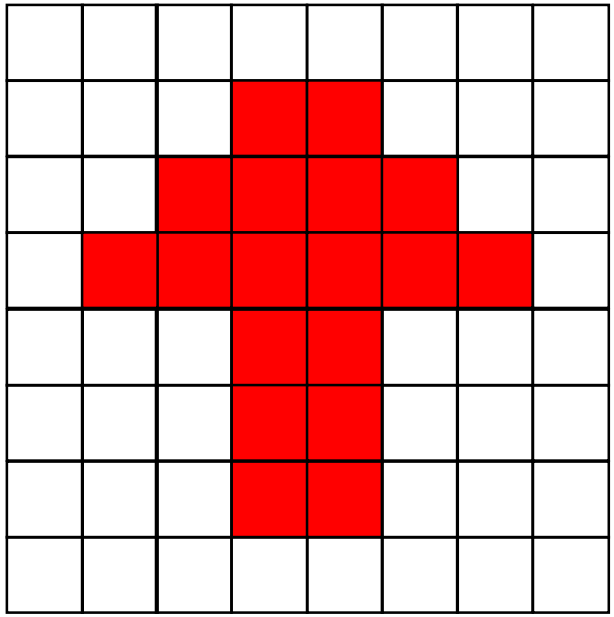




[Lathrop 1997]

Exercícios

- Crie uma *quadtree* para representar a figura abaixo. Use uma árvore com no máximo 5 níveis



Referências

- PINHO, Márcio. S. **Modelagem de Sólidos**. Disponível em http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Modelagem/Modelagem3D.htm. Esta página também está disponível em http://www.inf.pucrs.br/cg/Aulas/Modelagem/Modelagem3D.htm.
- FOLEY, James D., et al. **Computer Graphics: Principles and Practice**. 2nd Ed., New York, Addison Wesley, 1990.
- HEARN, Donald; BAKER, M. Pauline. **Computer Graphics - C Version**. 2nd Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1997, 652 p.
- WATT, Alan. **3D Computer graphics**. 3th Ed. Harlow: Addison-Wesley, 2000. 570 p. il.
- AMES, Andrea L.; NADEAU, David R.; MORELAND, John L. **VRML 2.0 Sourcebook**. 2nd Ed. New York: John Wiley, 1997. 654 p.
- LATHROP, Olin. **The Way Computer Graphics Works**. Wiley Computer Publishing, 1997.