



# Modelagem de Objetos

**Soraia Musse**

# Roteiro

---

- Técnicas de Modelagem 3D
  - Varredura
  - CSG
  - Instanciamento de Primitivas
  - Fractais
  - Sistemas de Partículas

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

# 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

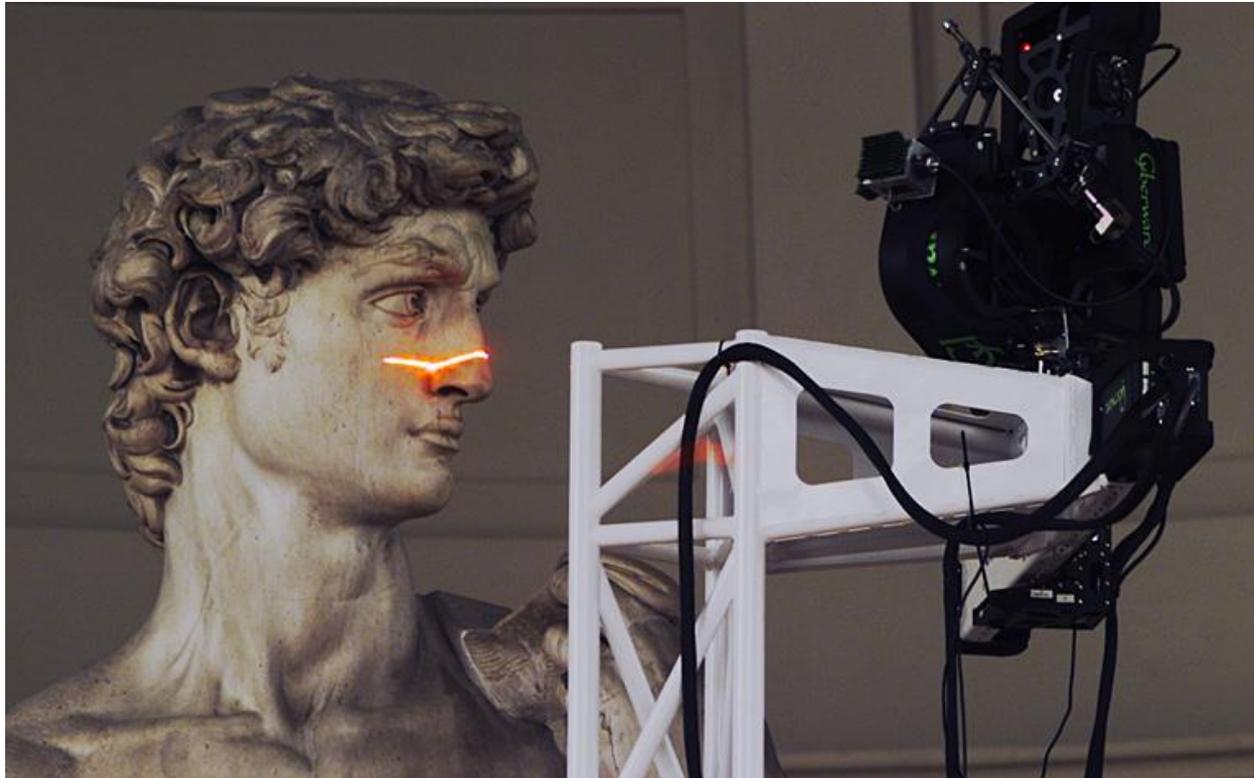
## ■ Modelos

- 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

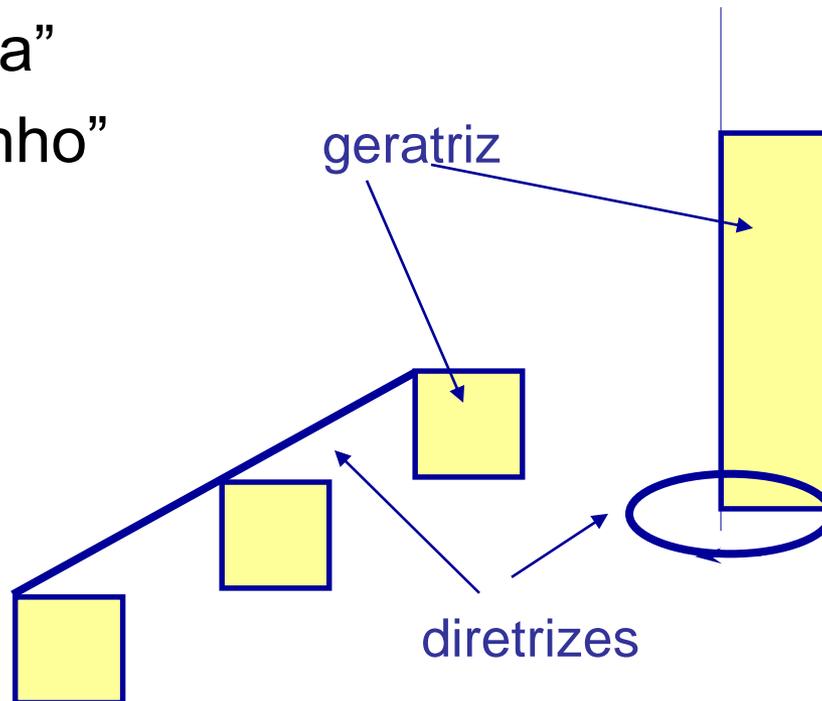


# Técnicas de Modelagem

## Varredura (Sweeping)

<http://www.youtube.com/watch?v=EXIyUYTk57U>

- 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

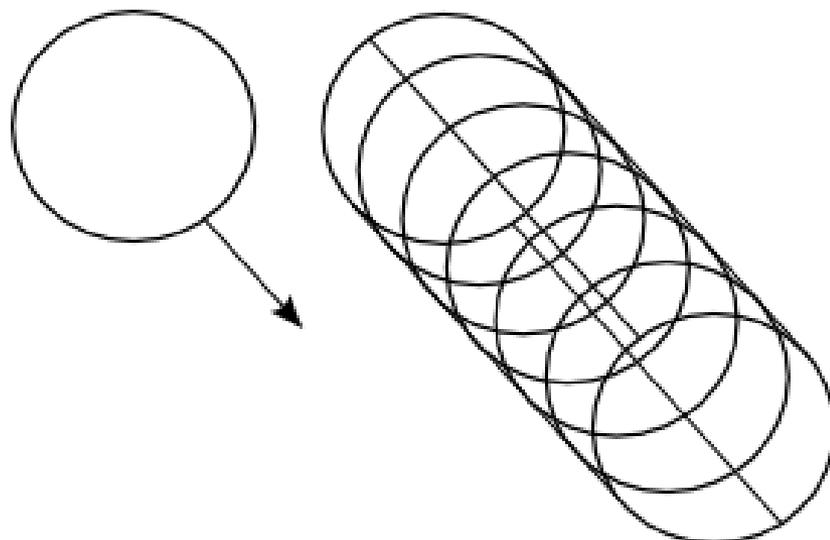
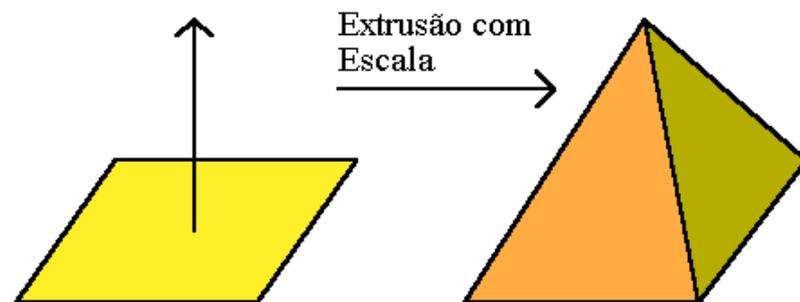
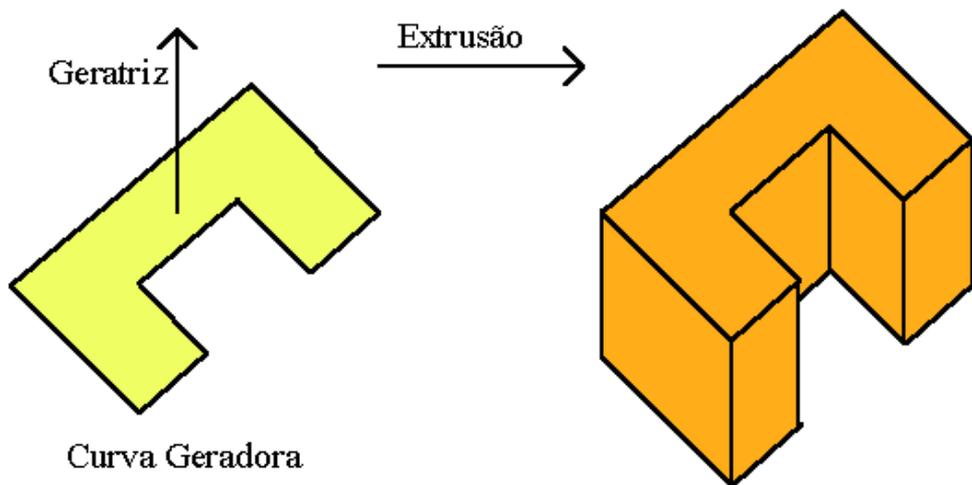
## Varredura

---

- 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

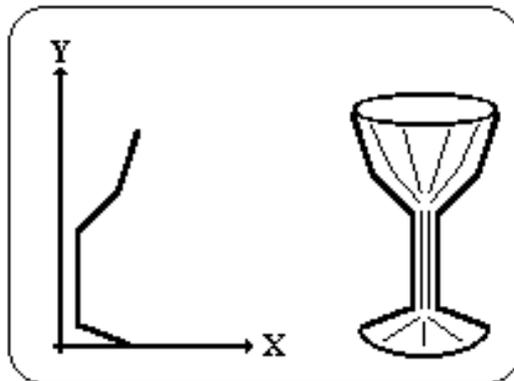
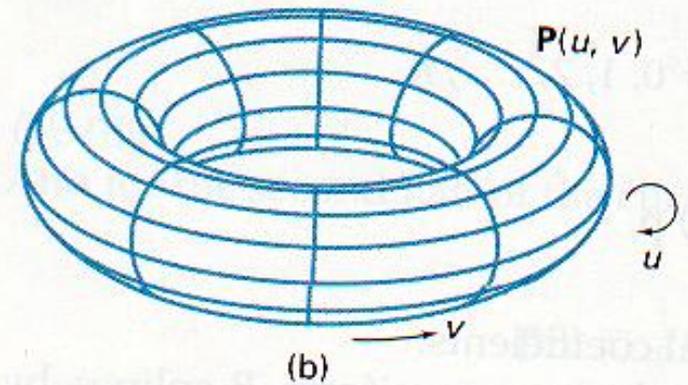
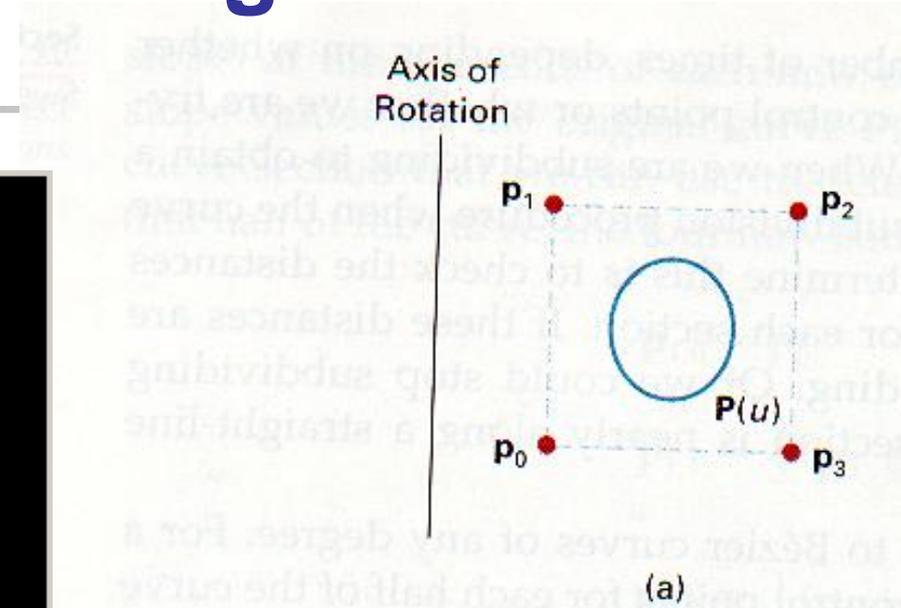
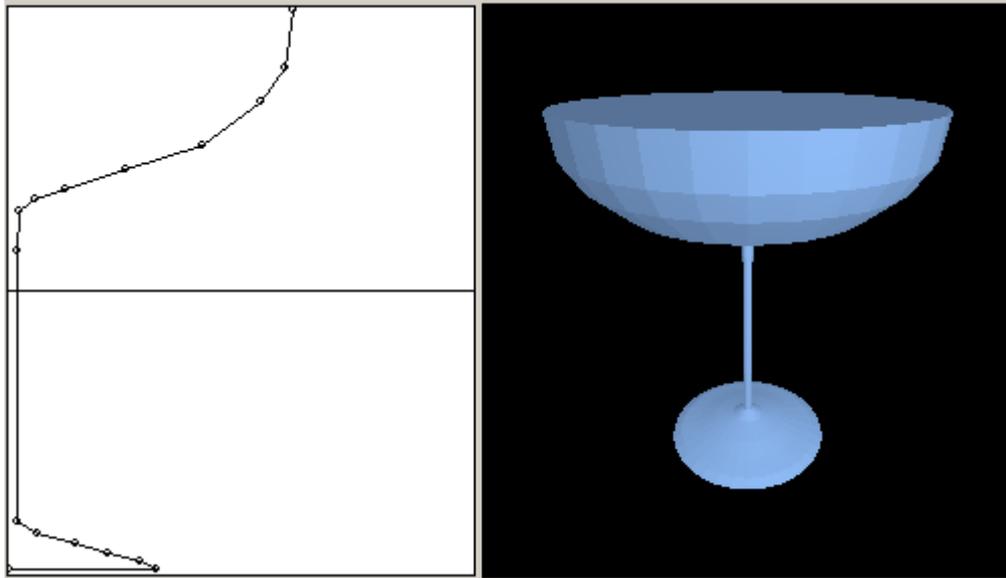
# Técnicas de Modelagem

## Varredura



# Técnicas de Modelagem

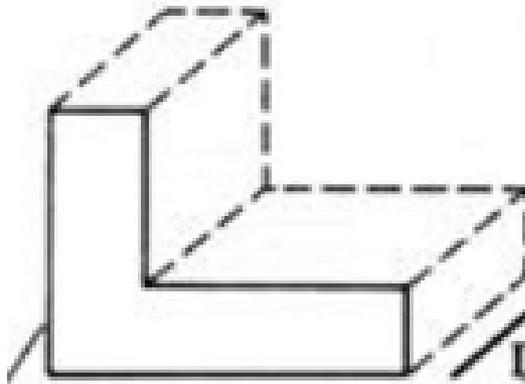
## Varredura



[Hearn 1997]

# Exercício

- Usando operadores lógicas em polígonos 2D e técnica de sweeping, defina o pipeline para modelar o seguinte objeto



# Técnicas de Modelagem

## CSG

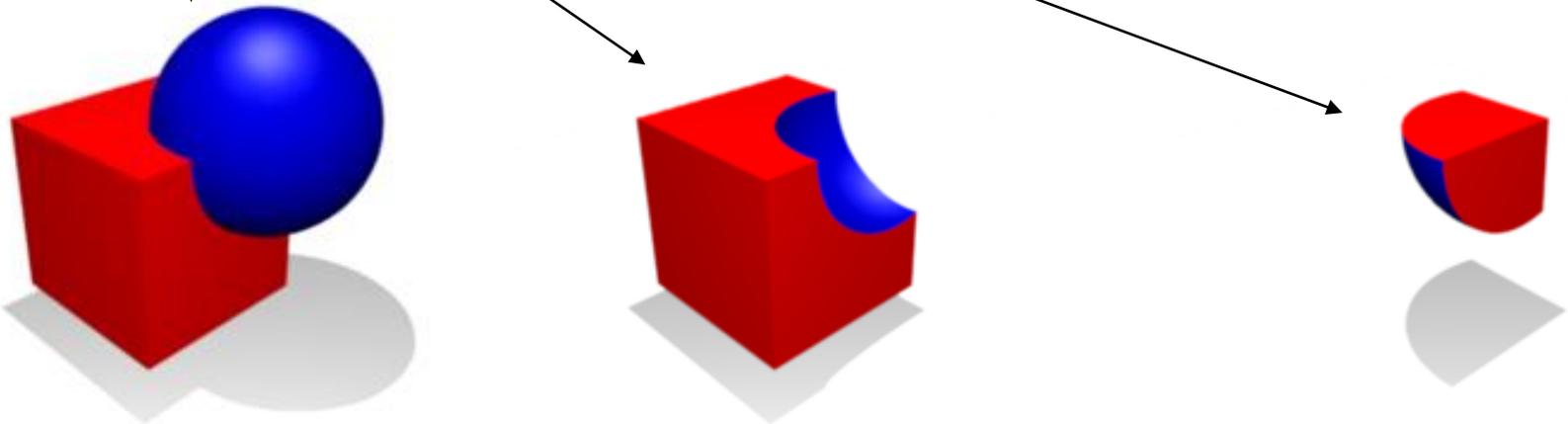
- CSG
  - *Constructive Solid Geometry* ou Geometria Sólida Construtiva
- Utiliza sólidos mais simples (primitivas) para composição de sólidos mais complexos
  - Exemplos de primitivas: cubo, cilindro, pirâmide, esfera e cone
  - Alguns pacotes permitem a utilização de objetos curvos

# Técnicas de Modelagem

## CSG

- Composição é feita através de operadores lógicos

- União, diferença, intersecção

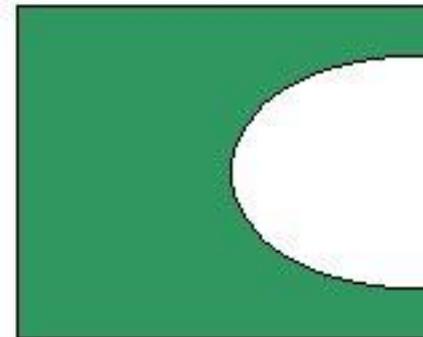
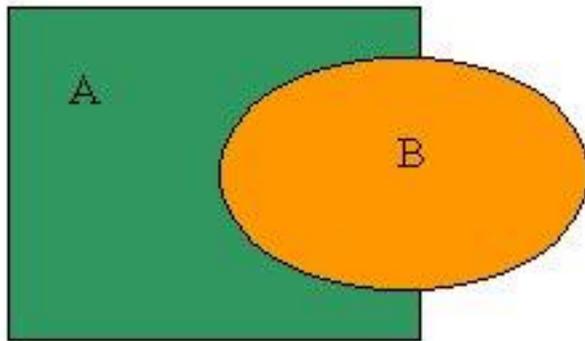


- Cada objeto é armazenado em uma árvore
  - Folhas: sólidos primitivos
  - Nós: operadores booleanos

# Técnicas de Modelagem

## CSG

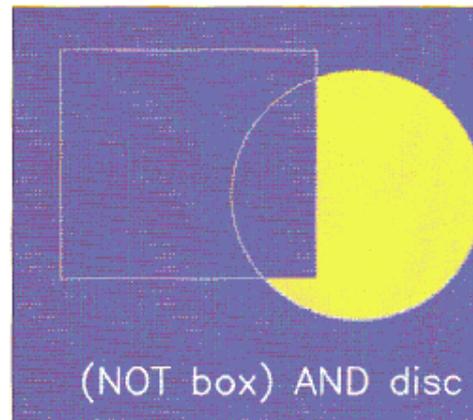
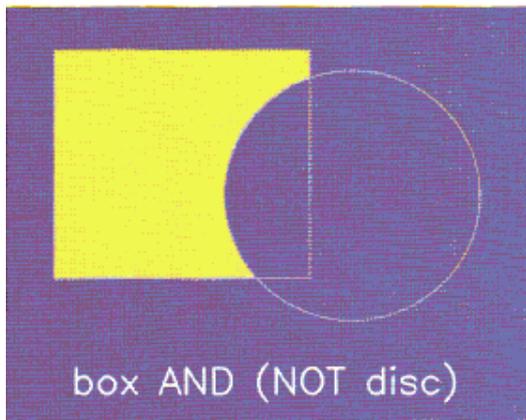
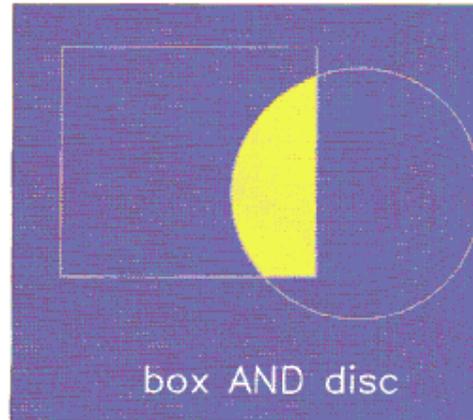
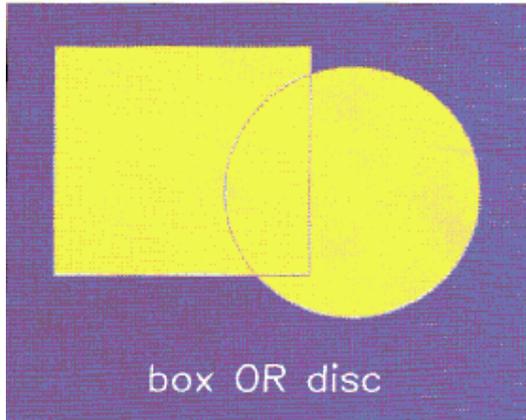
- Tipo de representação adequada para aplicações onde a precisão matemática é importante ou ferramentas CAD que trabalham com construção de objetos por agrupamento de peças mais simples (união) ou ainda por desgaste de um bloco inicial (diferença)



A-B

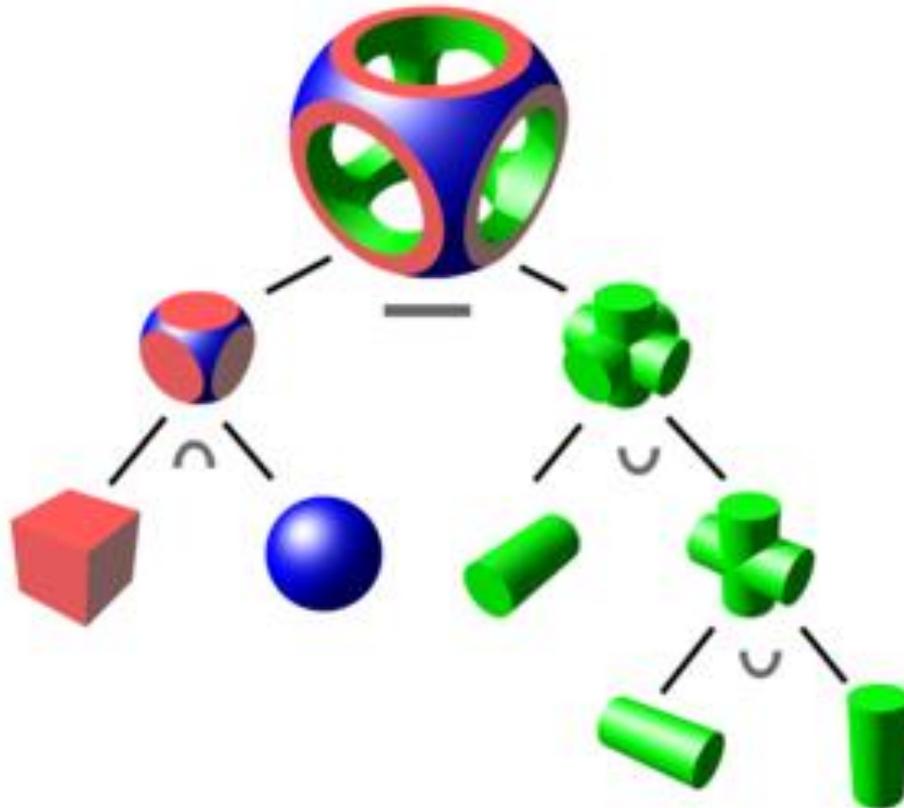
# Técnicas de Modelagem

## CSG

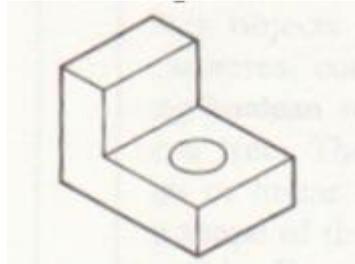


# Técnicas de Modelagem

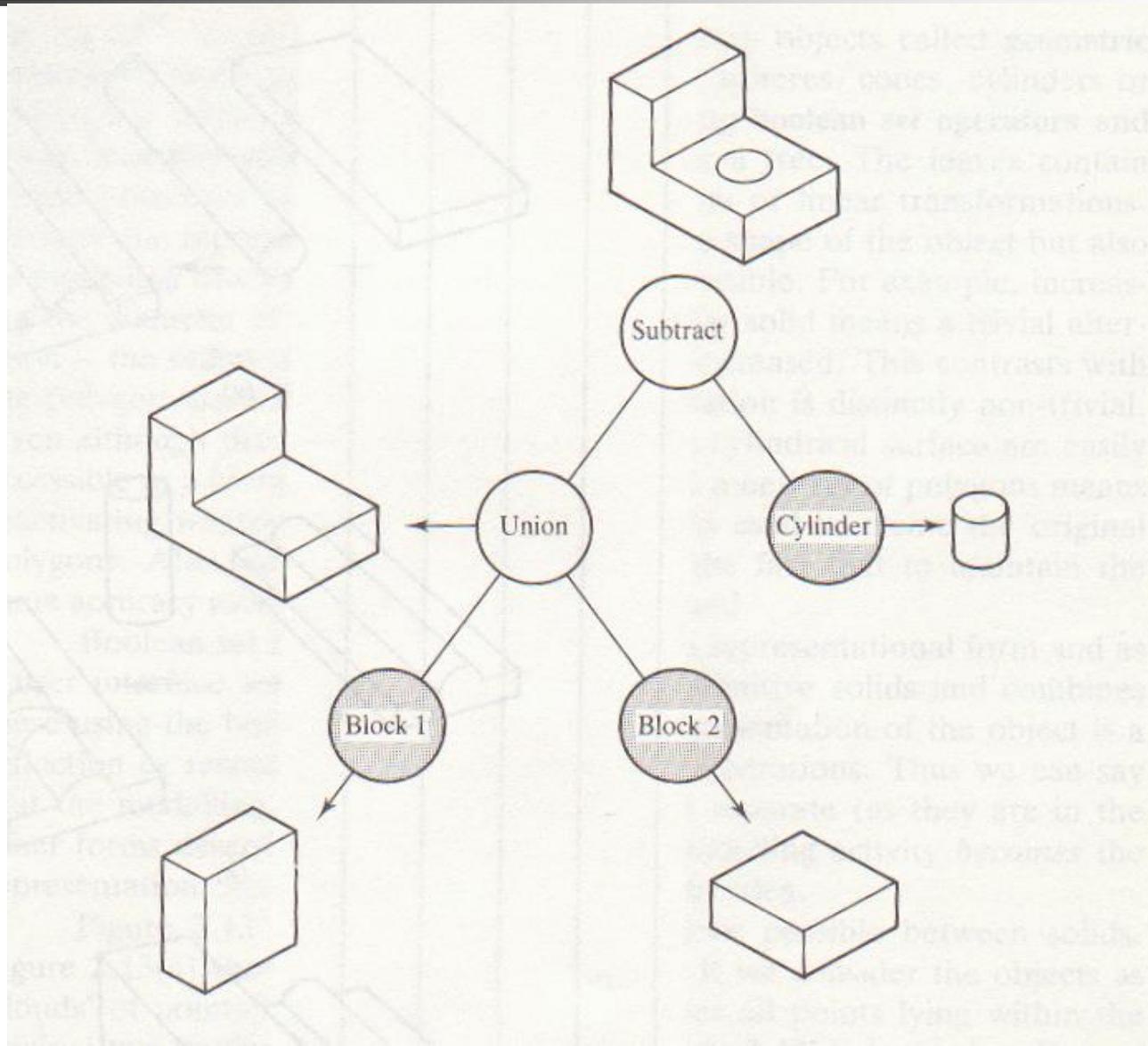
## CSG



# Exercício

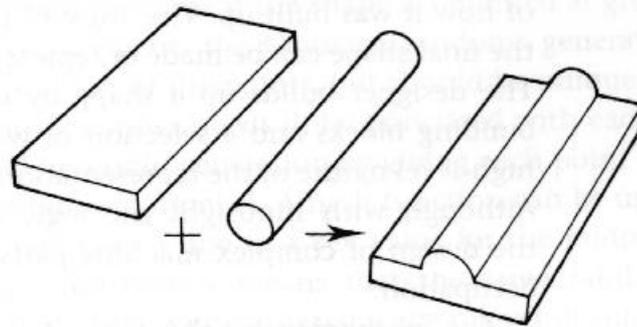


# Exercício

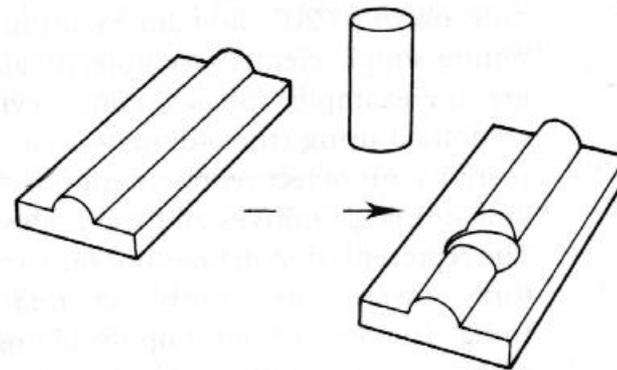


# Técnicas de Modelagem

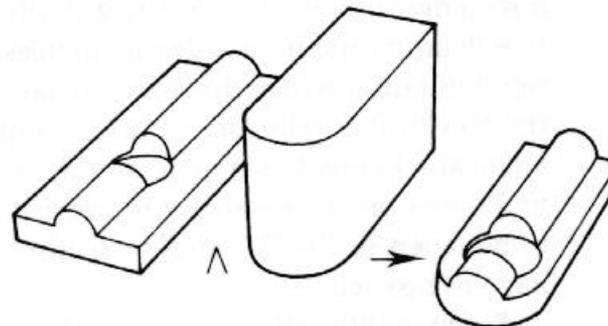
CSG



(a)

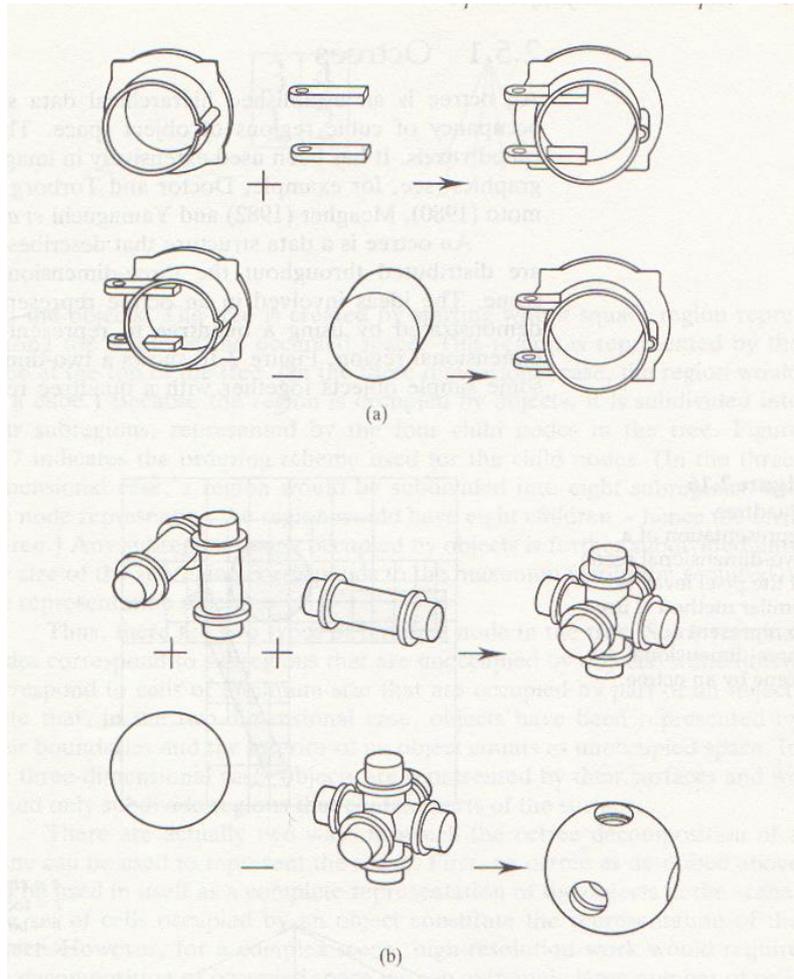


(b)



# Técnicas de Modelagem

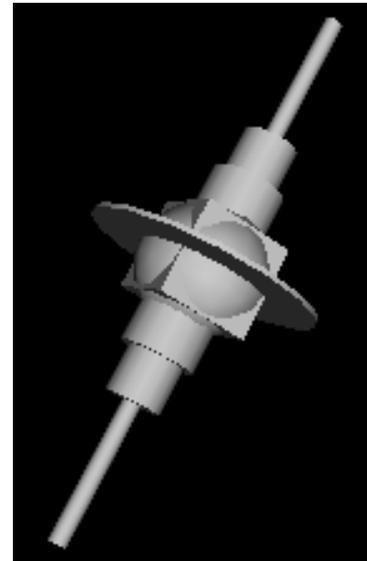
## CSG



# 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

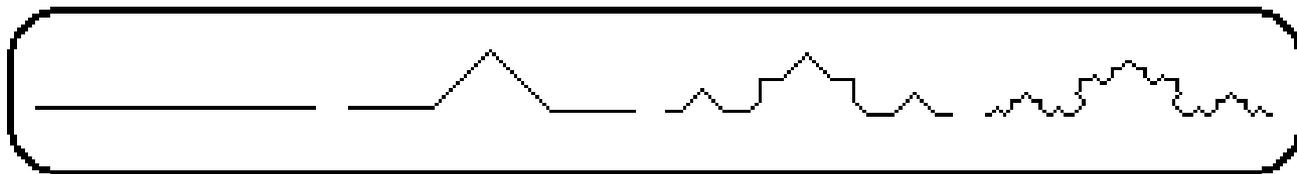
---

- 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

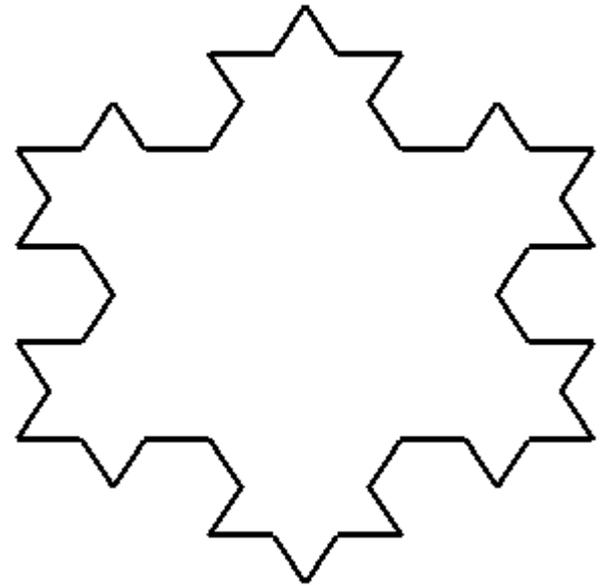
- Principais características dos fractais
  - Detalhes "infinitos" em cada ponto (dimensão fractal)
  - Porções menores reproduzem exatamente porções maiores (auto-similaridade)
- Exemplo
  - Fractal representado por uma figura geométrica inicial (segmento de reta) e uma regra de subdivisão desta figura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



# Técnicas de Modelagem

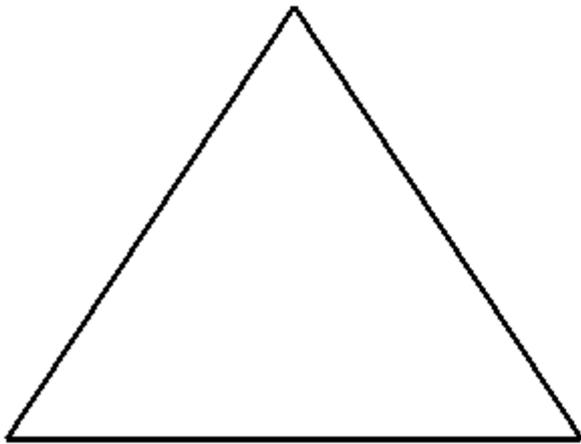
## Fractais

- Exemplos
  - Floco de neve de Koch

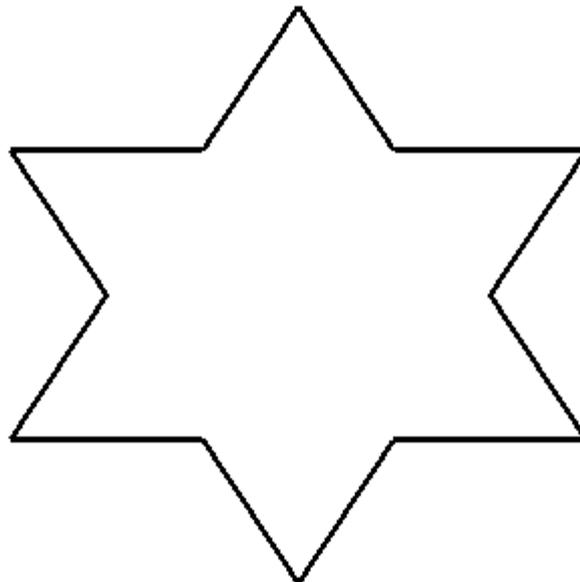


# Exercício

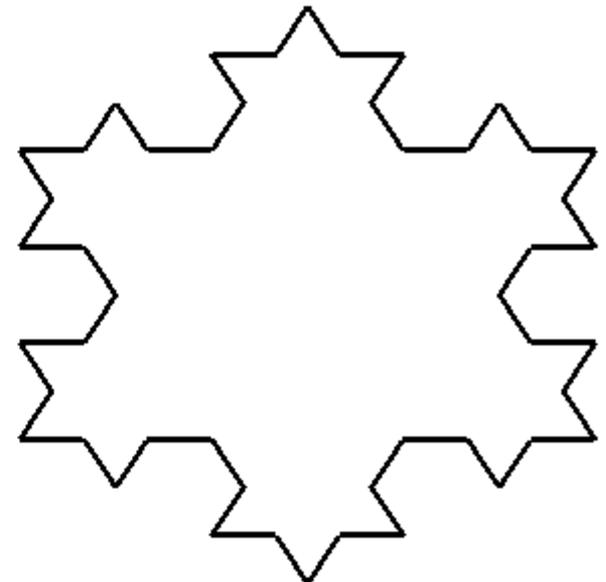
- Defina os passos para modelar o Floco de neve de Koch



1 iteração



2 iterações

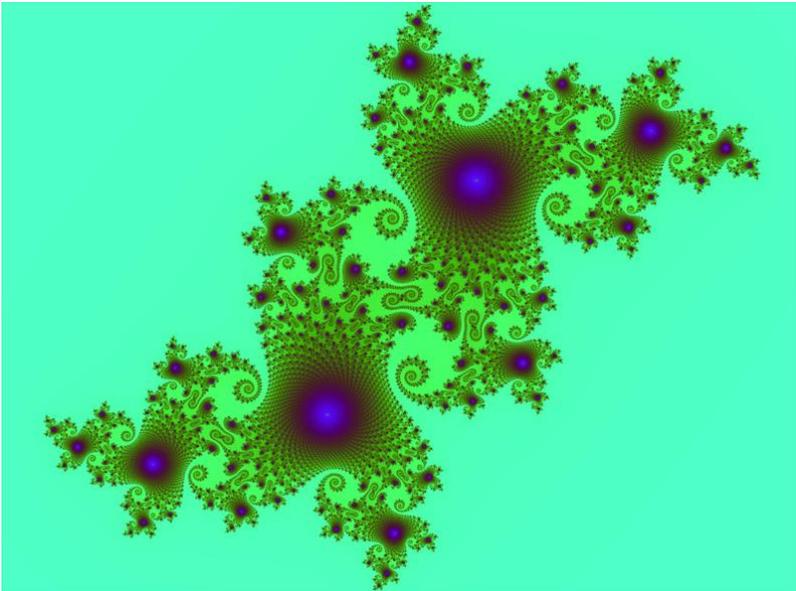


3 iterações

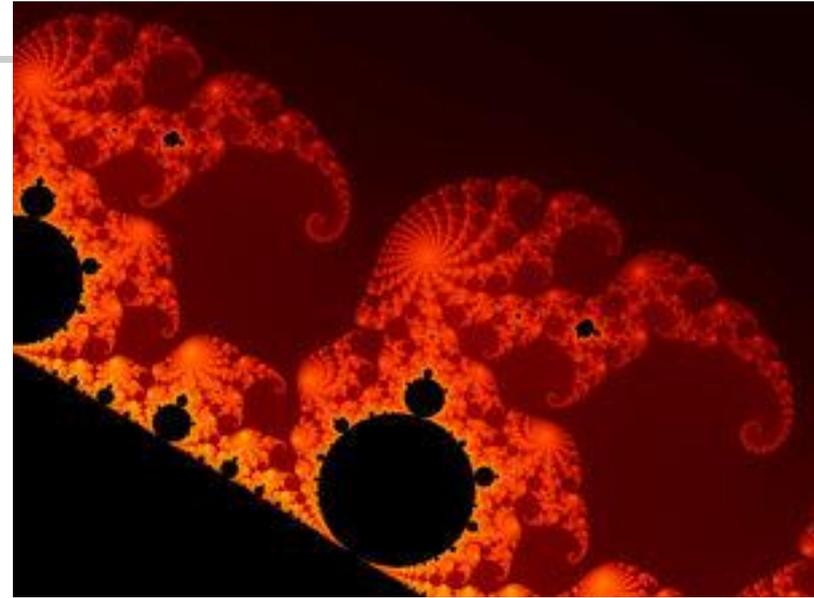
# Técnicas de Modelagem

## Fractais

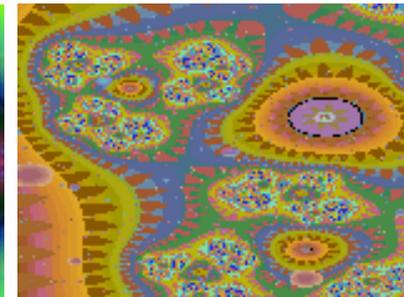
### ■ Exemplos



O conjunto de Julia, um fractal relacionado ao conjunto Mandelbrot



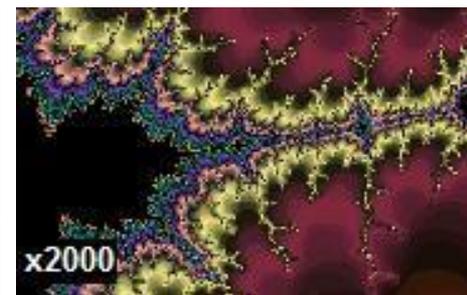
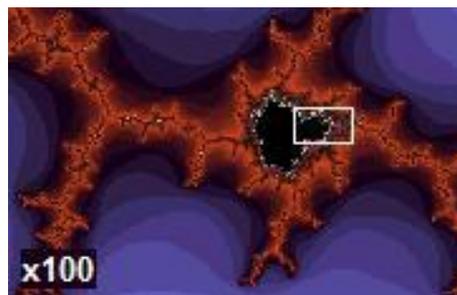
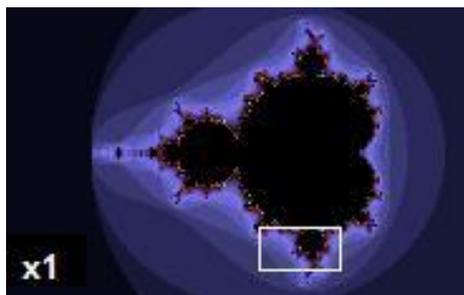
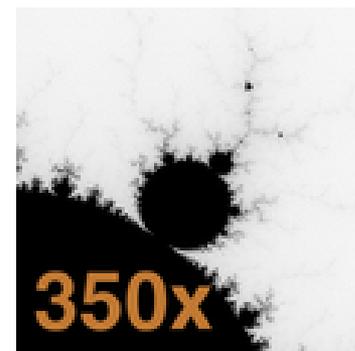
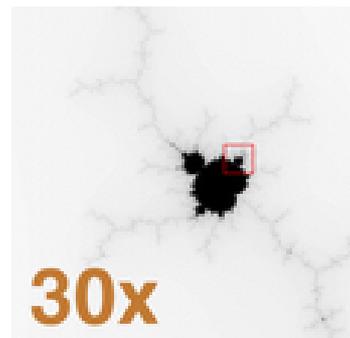
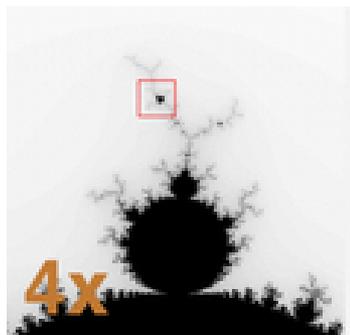
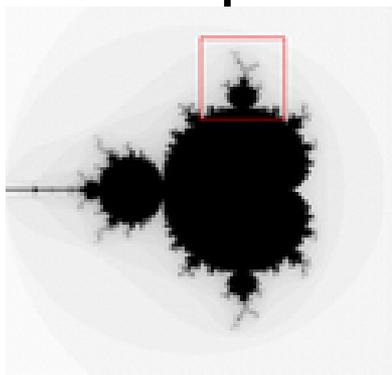
O conjunto de Mandelbrot é um exemplo famoso de fractal.



# Técnicas de Modelagem

## Fractais

### ■ Exemplos



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

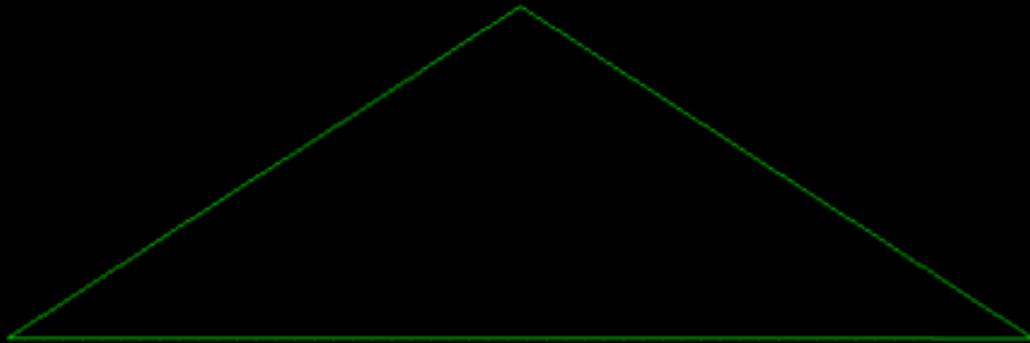
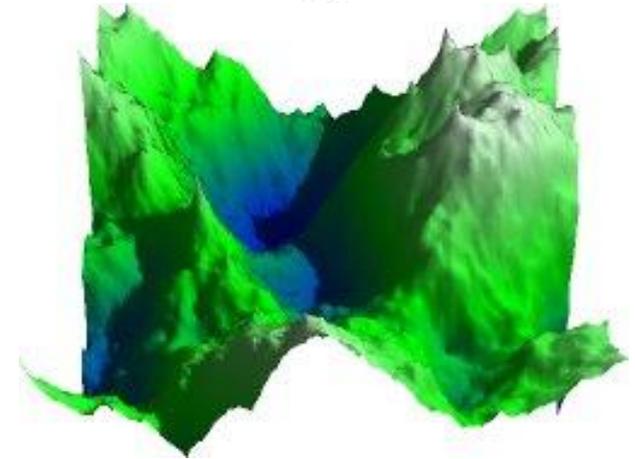
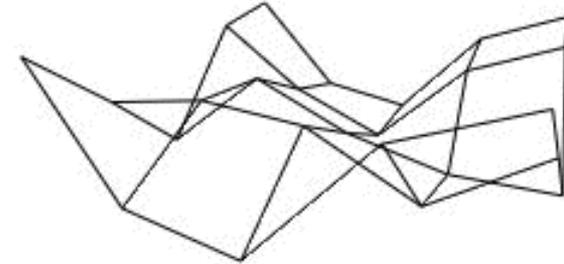
# Técnicas de Modelagem

## Fractais

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

### ■ Exemplos

- Modelagem de terrenos e montanhas



# Técnicas de Modelagem

## Fractais

- Exemplos



Brócolis: exemplo de um fractal natural.



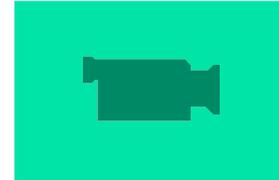
Feto fractal: gerado usando um sistema de funções iteradas



# 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



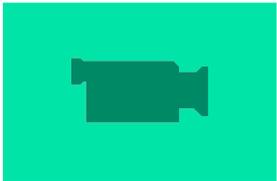
# Sistemas de Partículas

---

- 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, nuvens, água
- Modelagem e deformação geométrica de superfícies



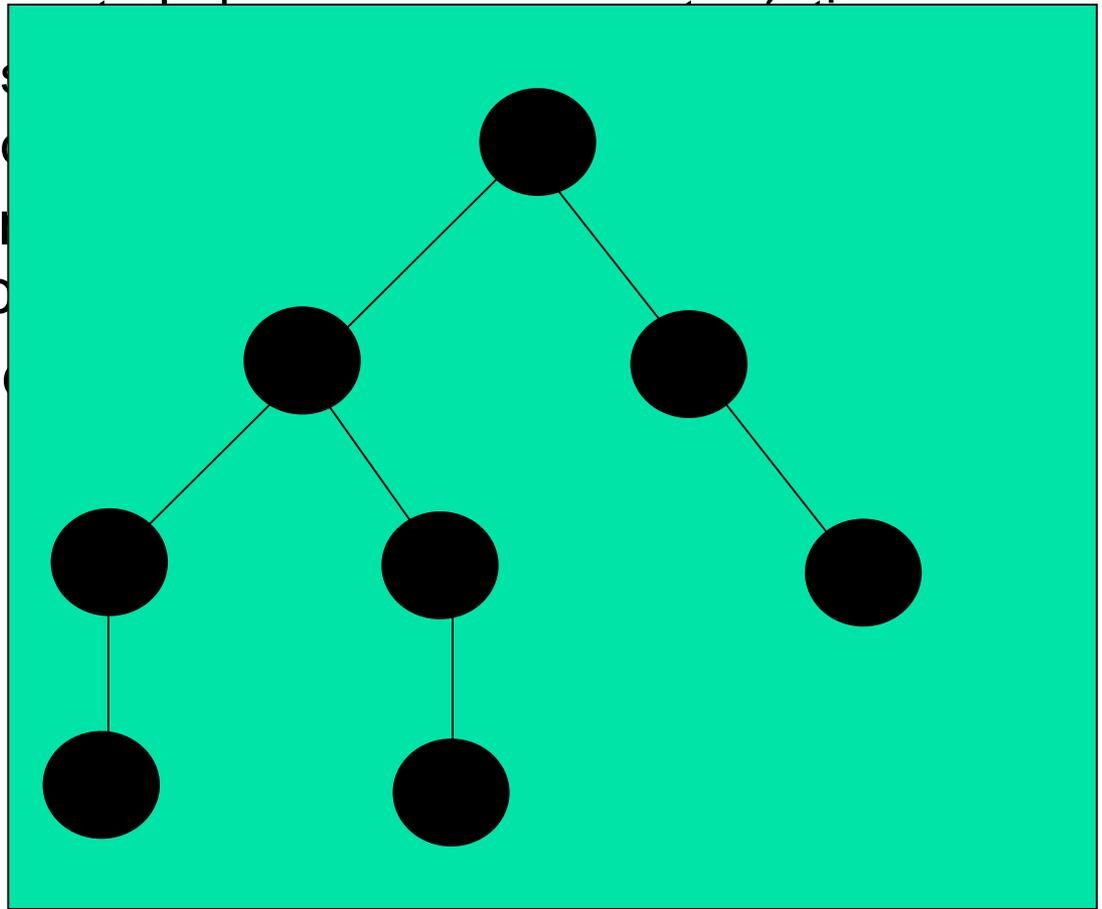
# Modelo de Reeves (1983)

---

- 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 dinâmico
- As partículas podem ser geradas por árvores contendo o modelo
- Esses sistemas podem ser executados em 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

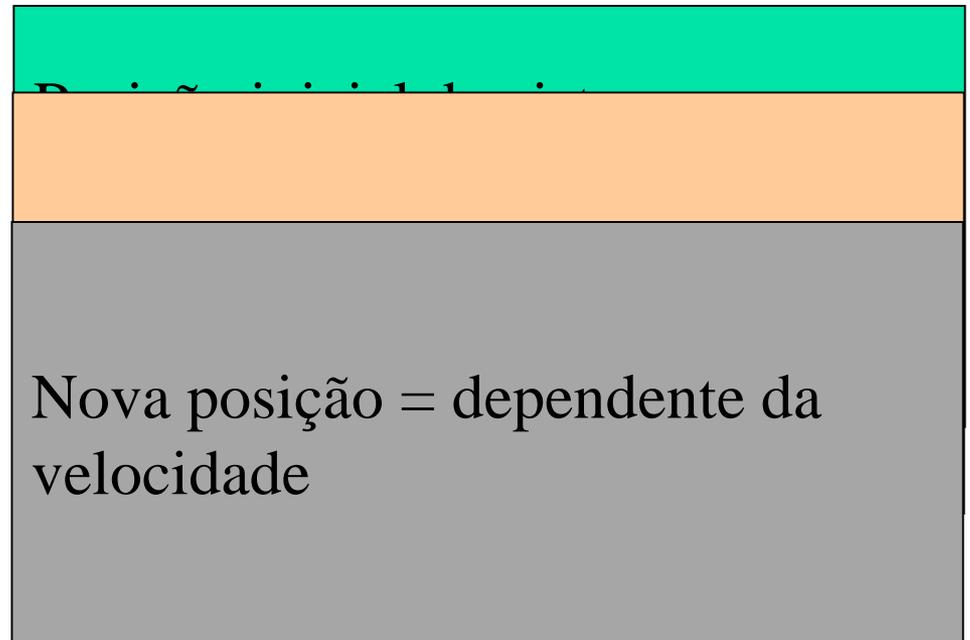
# Modelo de Reeves (1983)

- (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** 😊

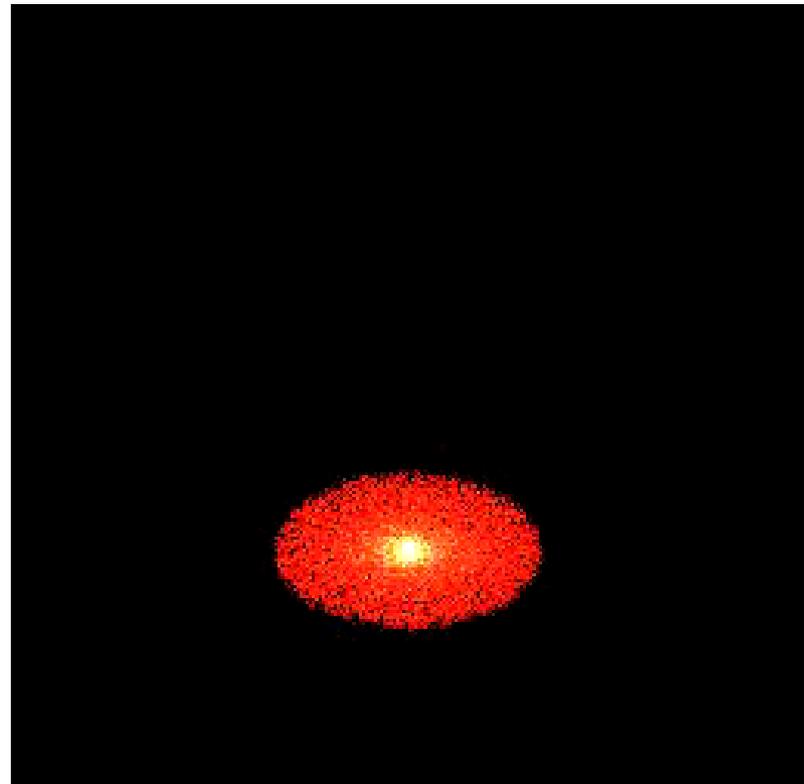
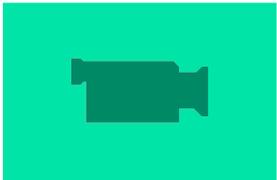
# Exemplos

---

- 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

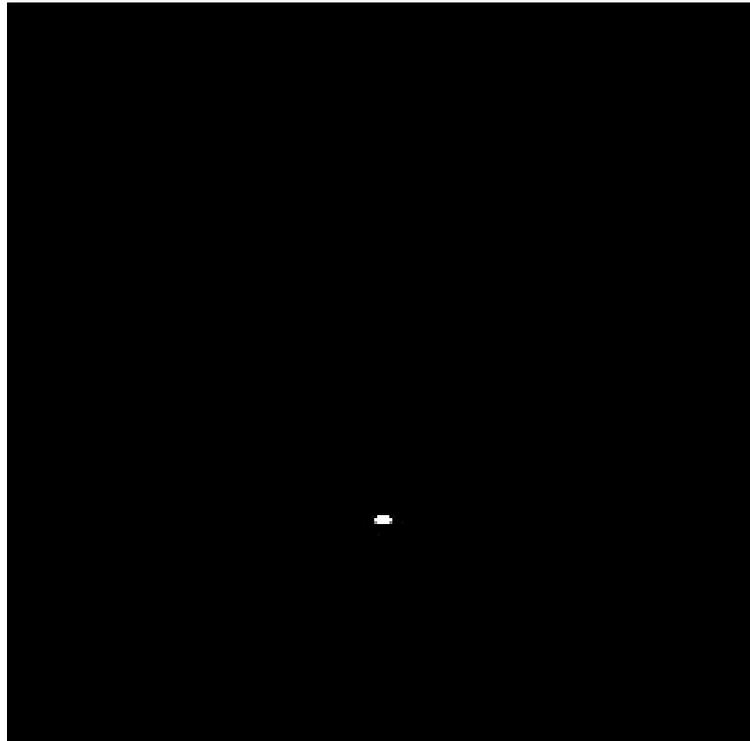
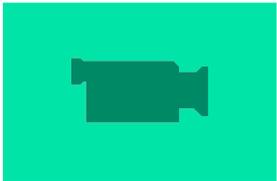
- Partículas são geradas numa estrutura em disco circular com velocidades iniciais. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas



## Exemplo 2

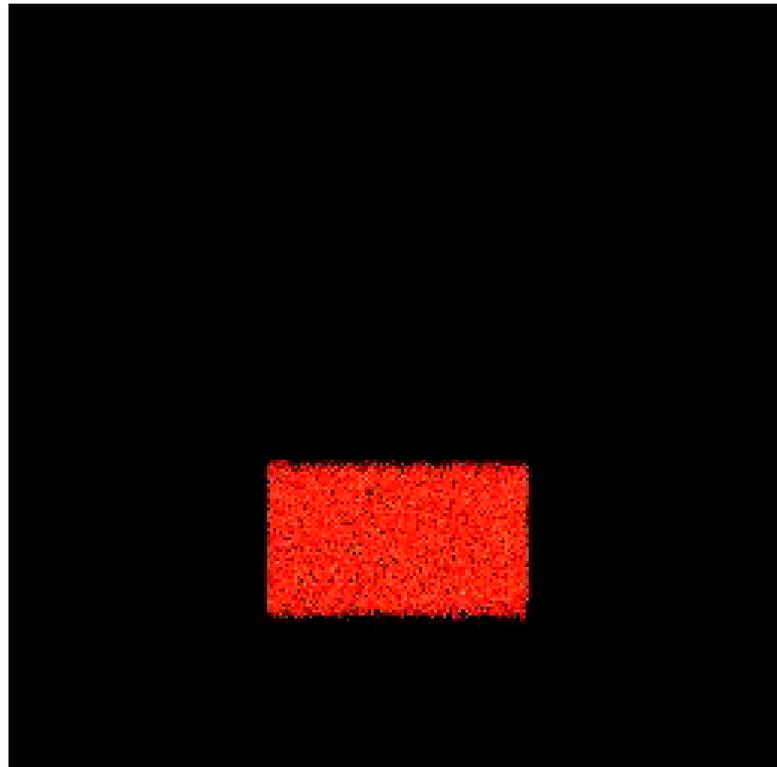
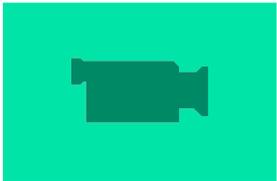
---

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



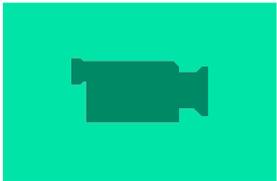
## Exemplo 3

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



# Exemplo 4

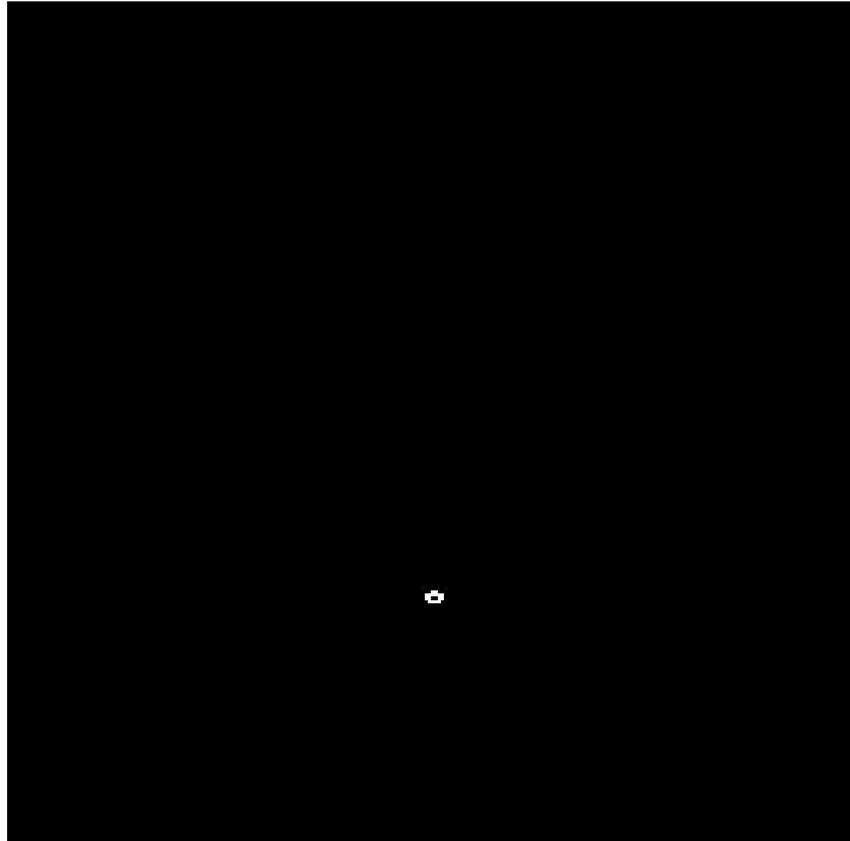
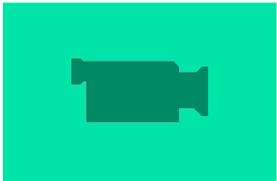
- Partículas são geradas numa estrutura toróide. Quando o tempo de vida termina, elas são removidas



# Exemplo 5

---

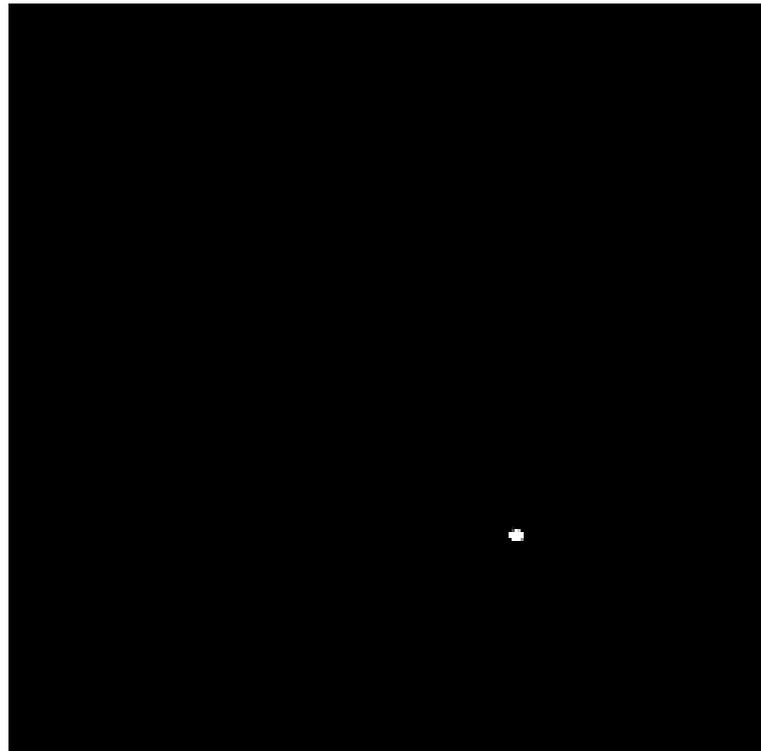
- Partículas são geradas num ponto, porém quando o tempo de vida termina, elas são reiniciadas



# Exemplo 6

---

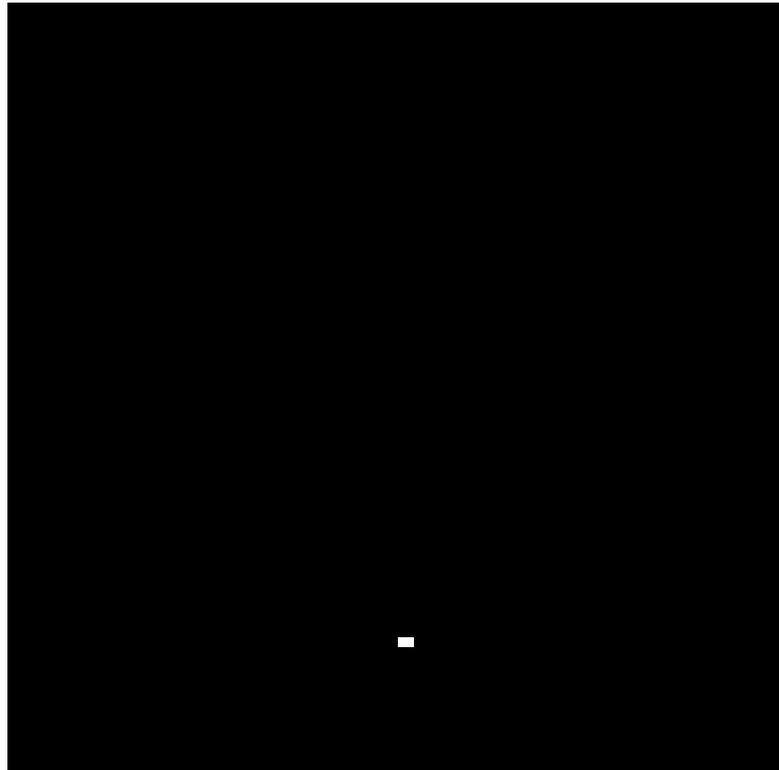
- Partículas são geradas num ponto que varia de posição e quando o tempo de vida termina, elas são reiniciadas



# 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

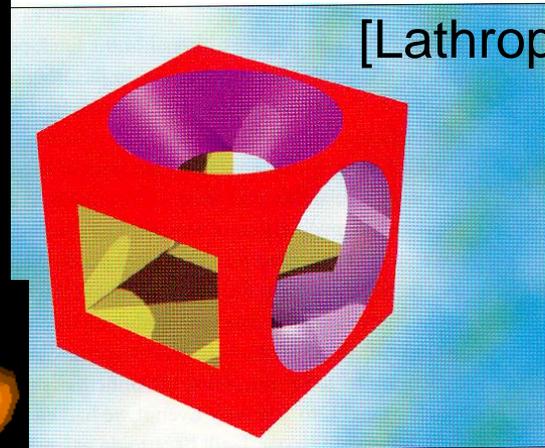
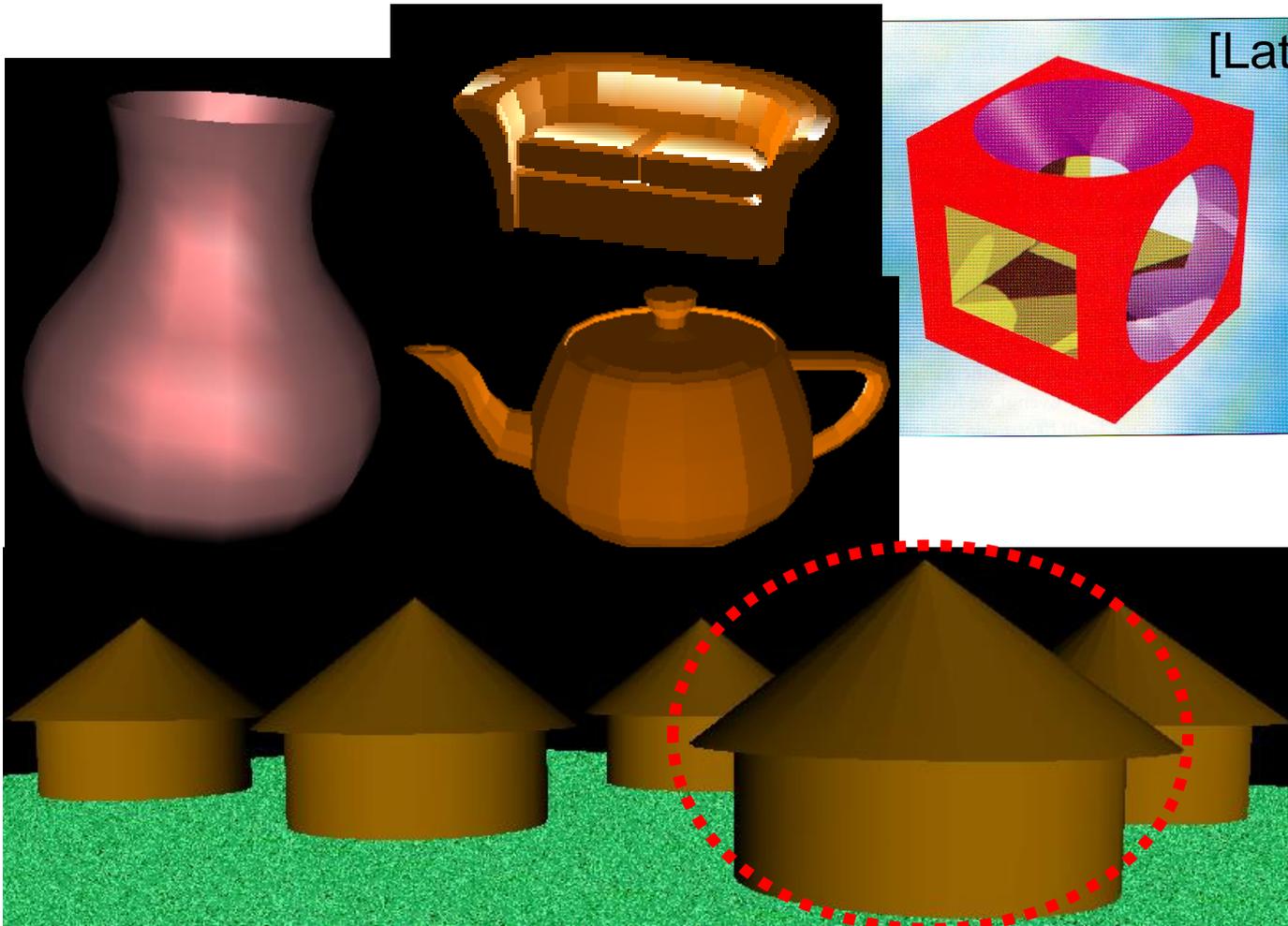
<http://freespace.virgin.net/cole.family/gallery.html>)



■ <https://youtu.be/M5xnAdVPbgQ> (SIGG)

# Exercícios

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



[Lathrop 1997]





# 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**. 2<sup>nd</sup> Ed., New York, Addison Wesley, 1990.
- HEARN, Donald; BAKER, M. Pauline. **Computer Graphics - C Version**. 2<sup>nd</sup> Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1997, 652 p.
- WATT, Alan. **3D Computer graphics**. 3<sup>th</sup> Ed. Harlow: Addison-Wesley, 2000. 570 p. il.
- AMES, Andrea L.; NADEAU, David R.; MORELAND, John L. **VRML 2.0 Sourcebook**. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: John Wiley, 1997. 654 p.
- LATHROP, Olin. **The Way Computer Graphics Works**. Wiley Computer Publishing, 1997.