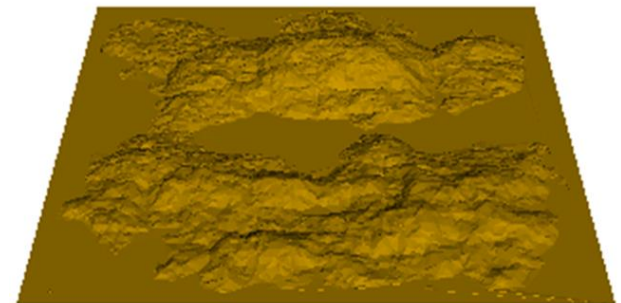
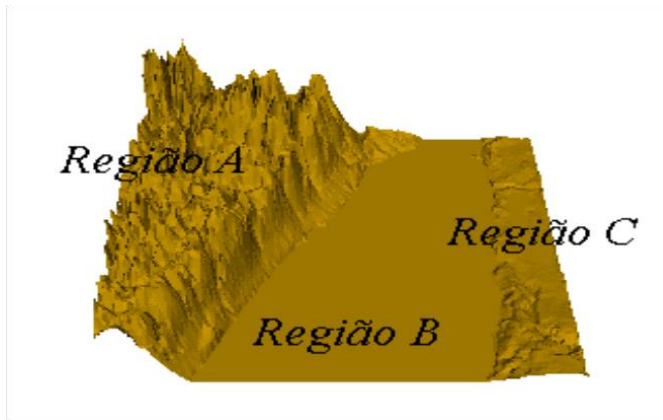


# Representação e Modelagem

Luis Rivera

# Representação e Modelagem

- Objeto representado
  - ♦ Limitações de recursos
  - ♦ Eficiência Computacional
    - Objeto animado 300.000 polígonos de detalhe cada um
      - Tempo real é comprometido
    - Exemplo: modelagem de Terreno

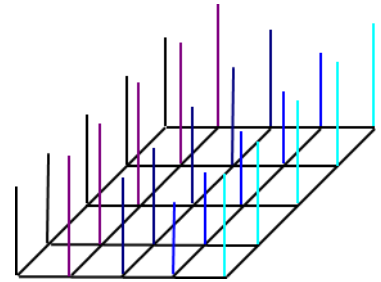
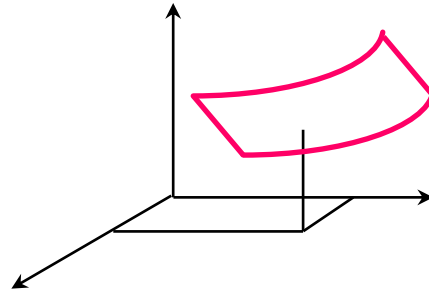


# Modelos de terreno

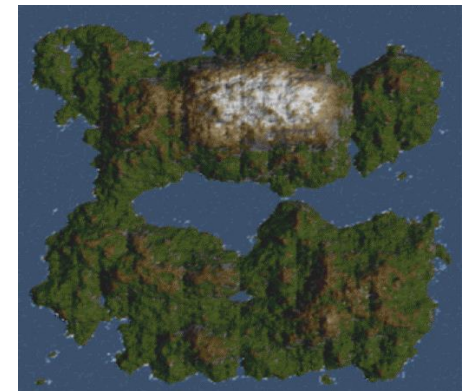
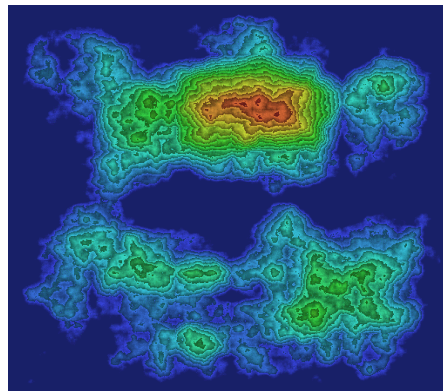
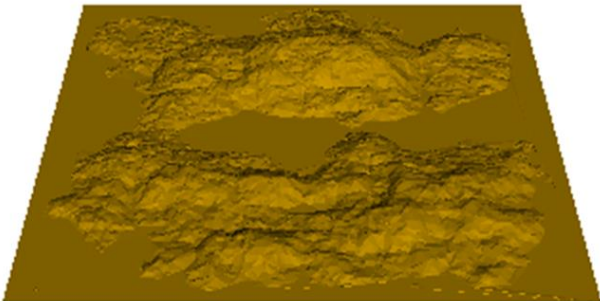
- Um terreno pode ser representado por um campo de alturas (*Height Field*) expresso através de uma função de duas variáveis:

$$H: D \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$(x, y) \rightarrow z$$

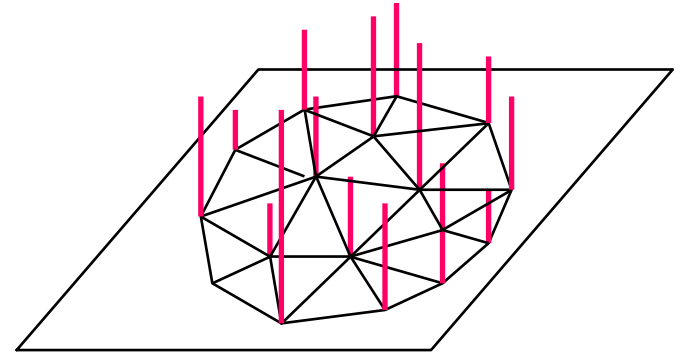


- Para visualização: associar a cada ponto do terreno informações relativas à sua textura (por exemplo, RGB)

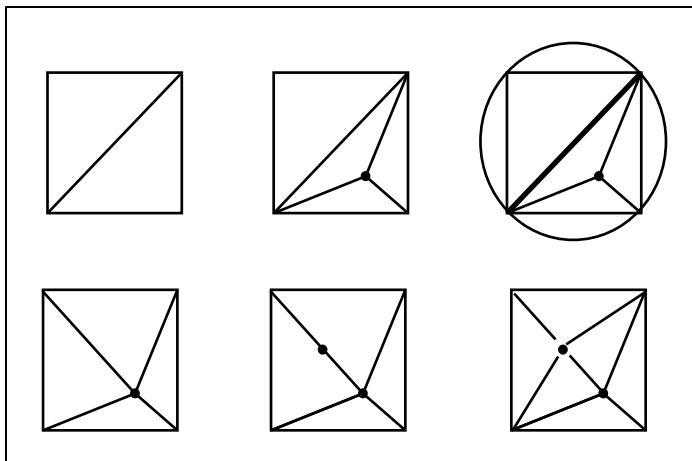


# Discretização irregular

- Exige estruturação  
(em geral via triangulação)



## ♦ Triangulação Delounay (incremental)



Dados:  $H: D \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $\varepsilon \geq 0$

Encontrar

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\} \text{ tal que } d(H - TS_Q) \leq \varepsilon$$

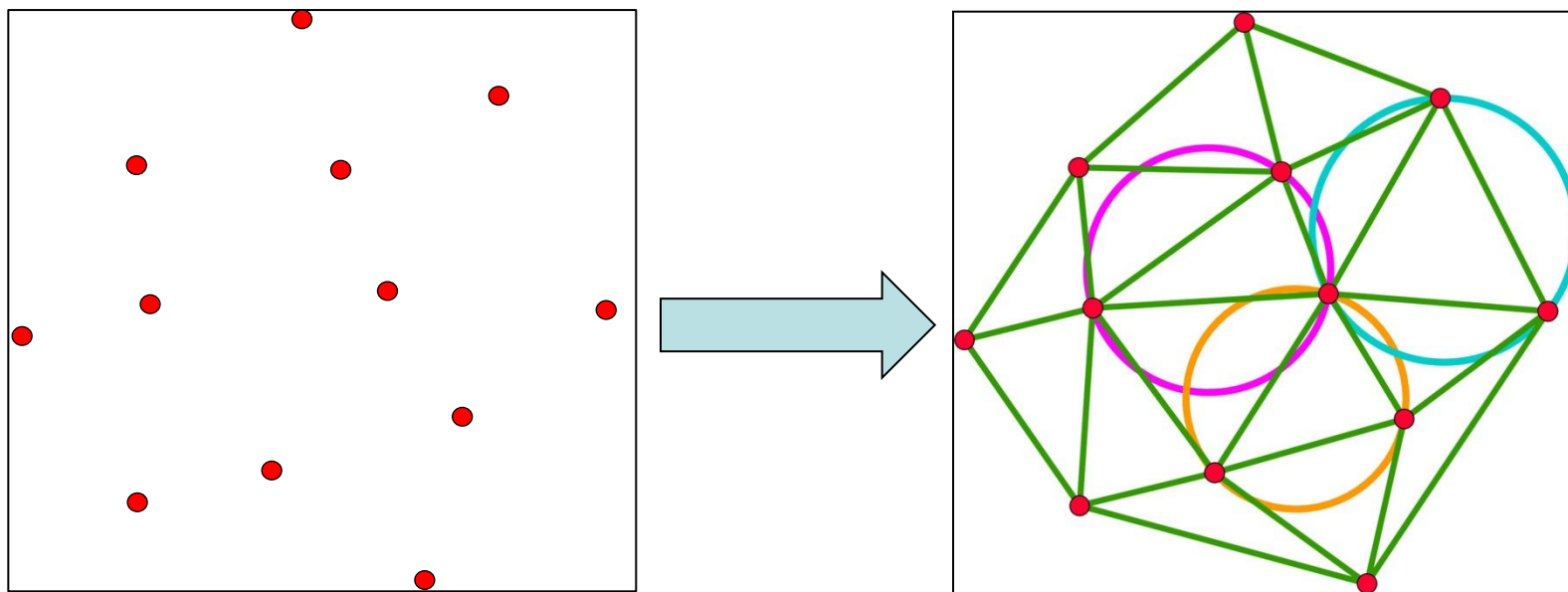
Redundâncias

**Simplificação de superfícies**

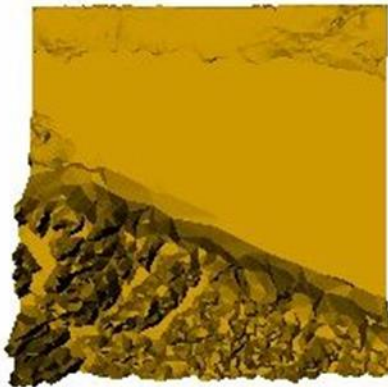
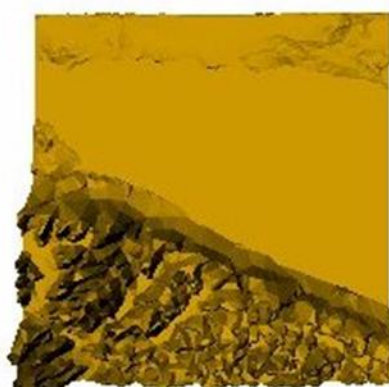
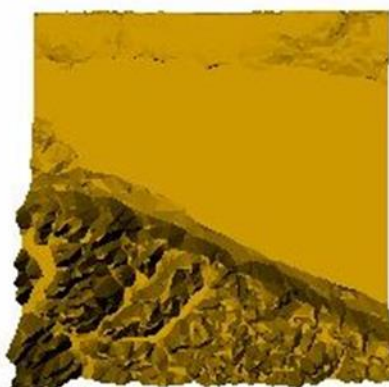
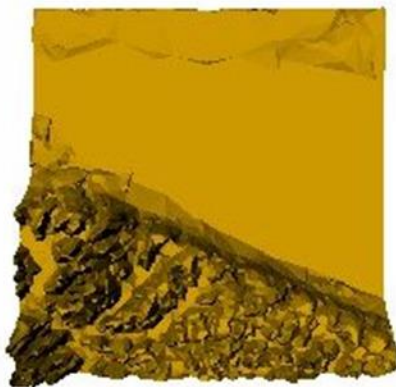
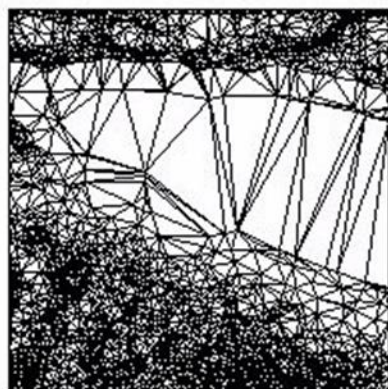
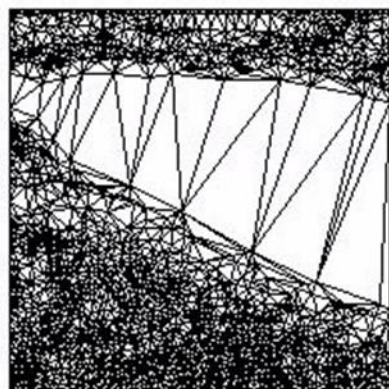
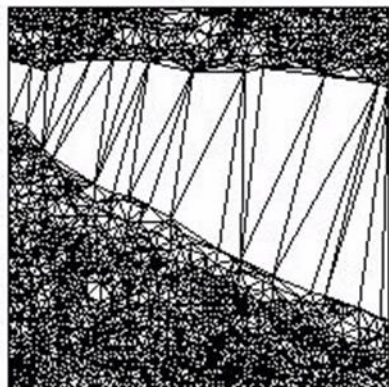
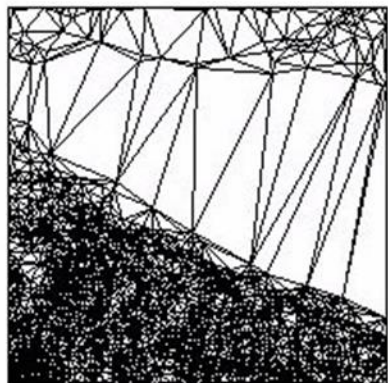
- NP-árduo
- Uso de Heurísticas

# Triangulação de Delaunay

Condição de Delaunay: o círculo definido por vértices de cada triângulo não possui nenhum vértice de outros triângulos.



Rede conexa e convexa de triângulos com a condição de Delaunay.

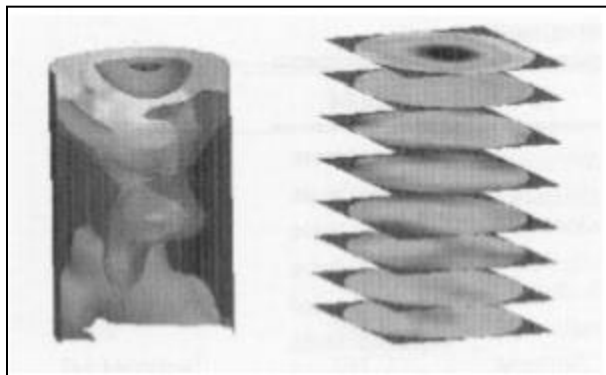


# Modelagem

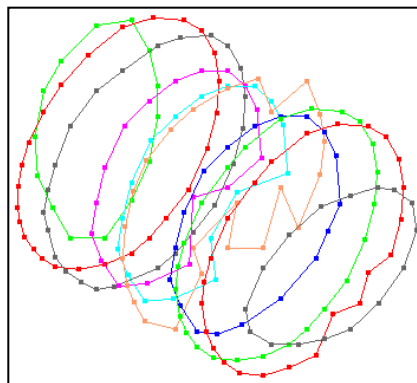
- Modelagem demanda
  - ♦ Muita intuição
  - ♦ Conhecimento
  - ♦ Experiência
- Usada em muitas aplicações
  - ♦ CAD (AUTOCAD)
  - ♦ Reconstrução de sólidos
    - Trab. de Carol



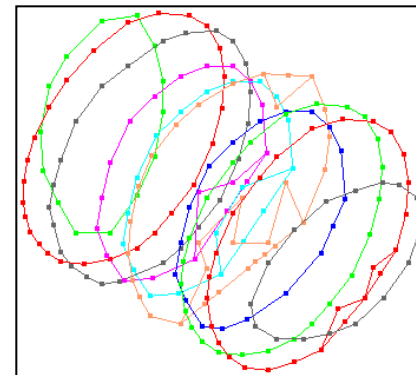
# Exemplo: reconstrução (Carol)



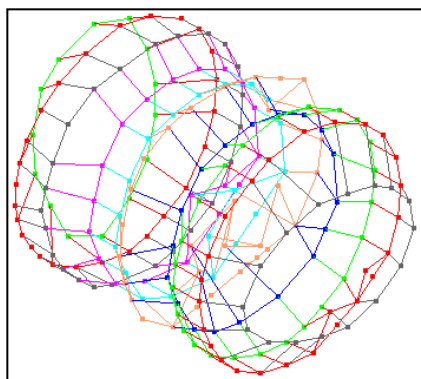
Imagens de seções transversais



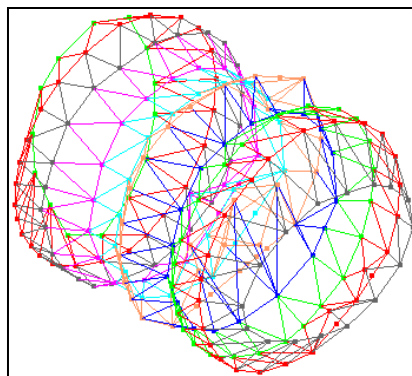
Contornos de cada seção



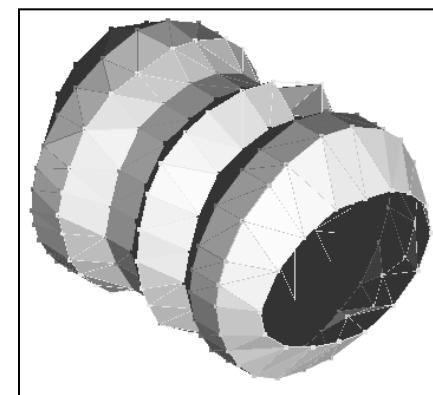
Fechos convexos



Conexões de seções



Triangulações

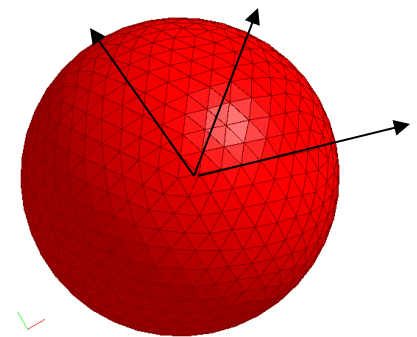
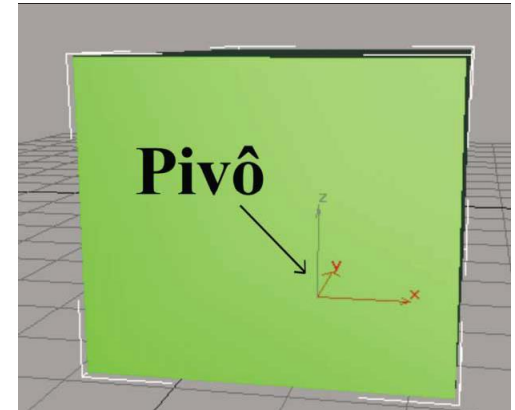


Sólido reconstruído



# Pivô

- Centro de Referencia Local do Objeto (SRO)
  - ♦ Cada Objeto tem um sistema de coordenado local
- Permite realizar as operações com o objeto
- Criado junto com o objeto



# Sólidos Uni, Bi, e Tridimensionais

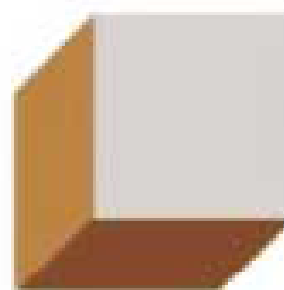
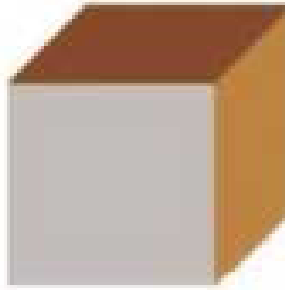
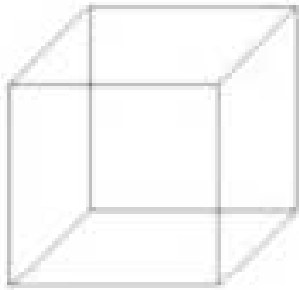
- Um sólido:
  - ♦ Um subconjunto fechado e limitado do Espaço Euclidiano Tridimensional:  $E^3$
- Bidimensional:
  - ♦ um polígono (no espaço Euclidiano  $E^2$ )
- Unidimensional:
  - ♦ uma curva
- Sólido fechado e limitado

# Sólidos Realizáveis

- Propriedades
  - ♦ **Rigidez**
    - Invariante em forma (independente de posição e orientação)
  - ♦ **Finita**
    - Dimensão finita
  - ♦ **Homogeneidade**
    - Mesmas propriedades nos pontos interiores
  - ♦ **Determinismo dos limites**
    - Identificação do interior, limite e exterior
  - ♦ **Descritível**
    - Possível de ser descrito a través de um número finito de propriedades físicas, químicas, etc.
  - ♦ **Operações fechadas**
    - Resultado de operações sobre objetos válidos devem ser válidos

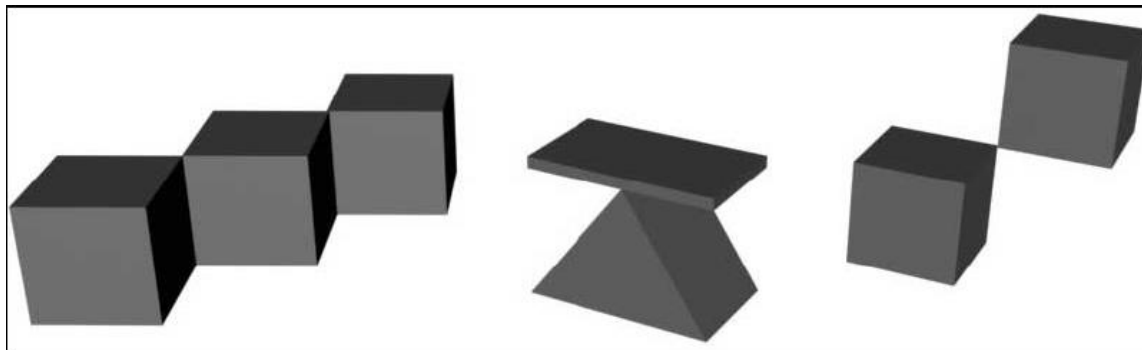
# Formas de representação do Objeto

- Formas híbridas (mistura de alguns dos métodos)
  - ♦ Aramada (Wire Frame)
    - Composto por conjunto de arestas e vértices
    - Vantagem
      - Velocidade na exibição dos objetos
    - Desvantagem
      - Dificuldade de realizar algumas operações



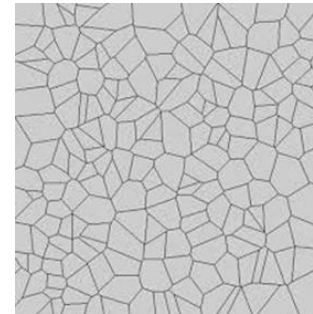
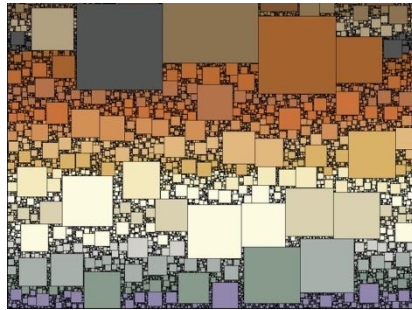
# Formas de Representação de Objetos

- Faces (ou superfícies limitantes)
  - ♦ Faces definem os contornos
  - ♦ Superfícies fechadas e orientadas
  - ♦ Extensão da modelagem 2D por contornos
  - ♦ “Boundary Representation ou B-rep”
    - Lista de polígonos orientadas
      - Aresta  $a_i$  definida por vértices  $V_1 \dots V_m$  e faces  $F_0 \dots F_n$ .
  - ♦ 2-manifold (cada ponto tem uma vizinhança equivalente a um disco do espaço Euclidiano)
    - Objetos não 2-manifold (exemplo)



# Formas de Representação de Objetos (FACES Poligonais)

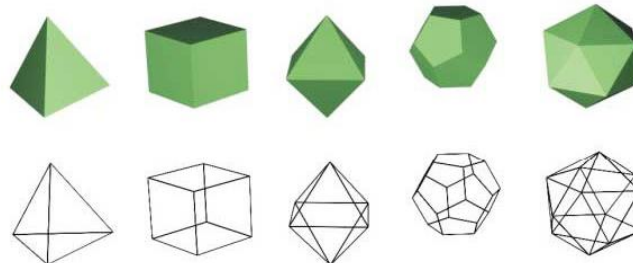
- Faces definidos por Triângulos, Retângulos, etc.
  - ♦ Tessellation (ou tiling)
    - Cobrir uma área plana (como pisos, paredes, etc.)



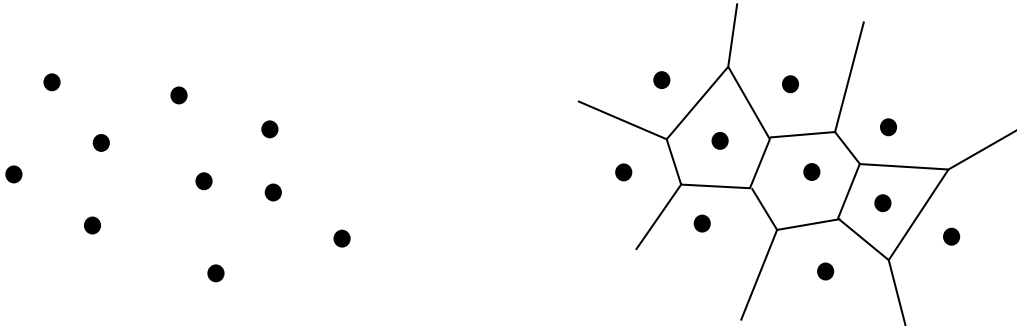
Vértices  
Complanares

Voronoi Diagram

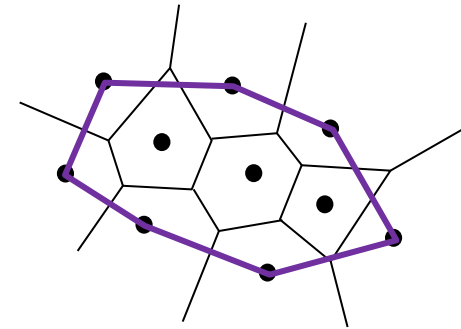
- ♦ Fácil rendering
  - Cada polígono de característica homogênea



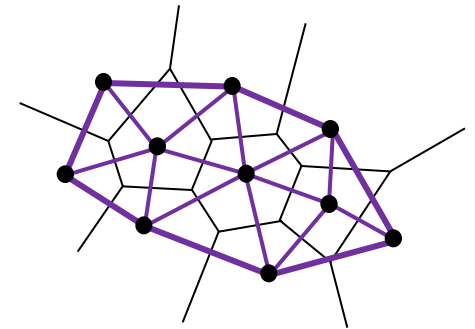
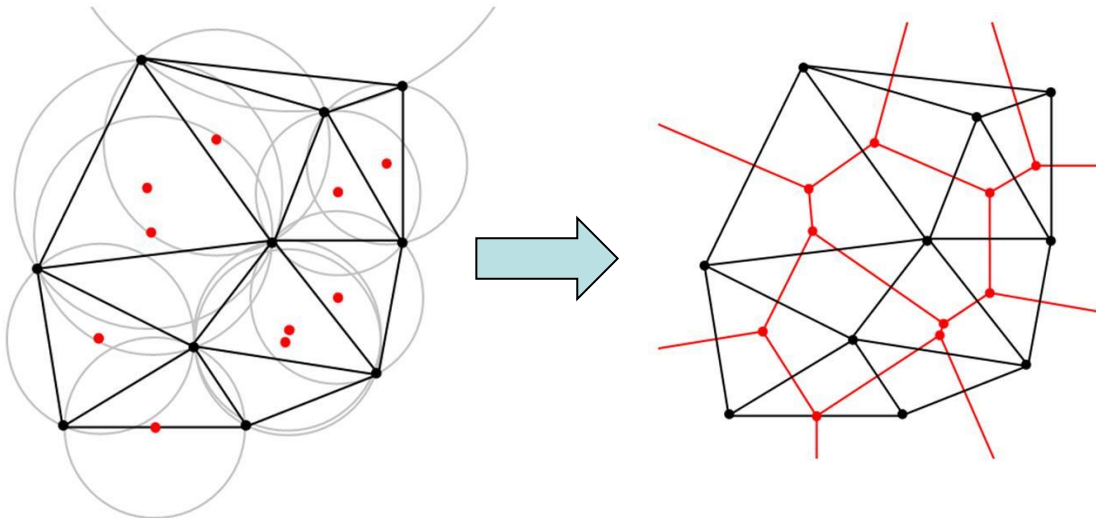
# Diagrama de Voronoi



Um conjunto de ponto, cada célula Voronoi define o conjunto de pontos no plano que são próximos a cada ponto que a qualquer outro ponto.



Convex Hull

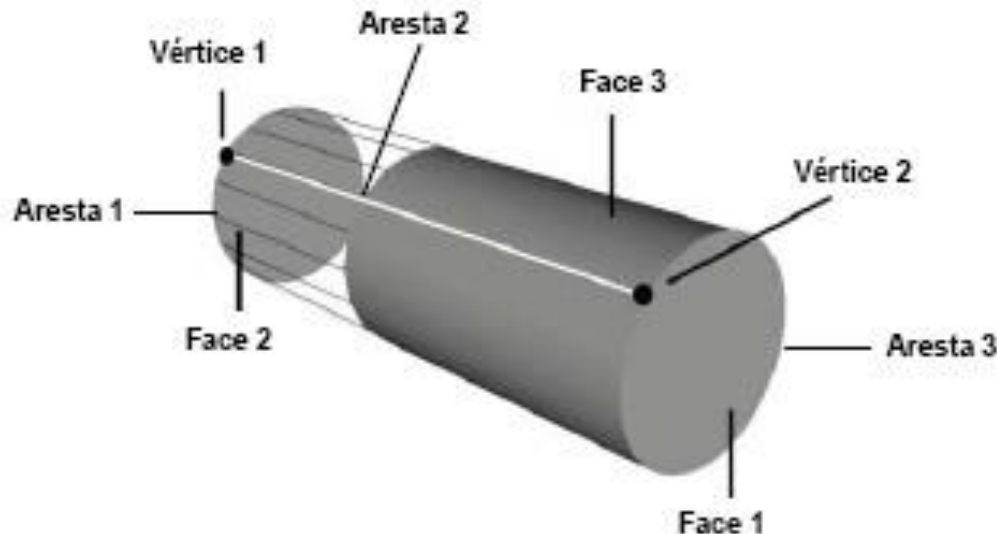


Delaunay Triangulation



# Formas de Representação de Objetos (Fórmula de Euler)

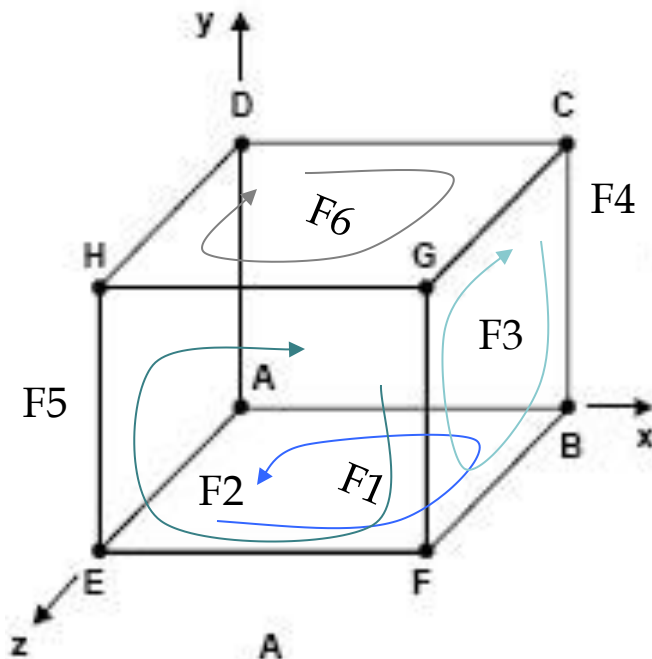
- B-Rep de poliedros simples (sem buracos) obedece a fórmula de Euler:
  - ♦  $V - A + F = 2$ 
    - V: número de vértices do objeto
    - A: número de arestas
    - F: número de faces
  - ♦ Aplicado a objetos com faces não planares (cilindros)



# Formas de representação do Objeto

## (Estrutura de Dados Baseada em Vértices)

- Uso de estrutura de dados consistente
- Lista de faces
  - ♦ Lista de vértices
    - Cada vértice por coordenada do ponto
    - Orientação: sentido horário ou anti-horário (visto do exterior do objeto)



### Vértices Coordenadas

A	(0,0,0)
B	(1,0,0)
C	(1,1,0)
D	(0,1,0)
E	(0,0,1)
F	(1,0,1)
G	(1,1,1)
H	(0,1,1)

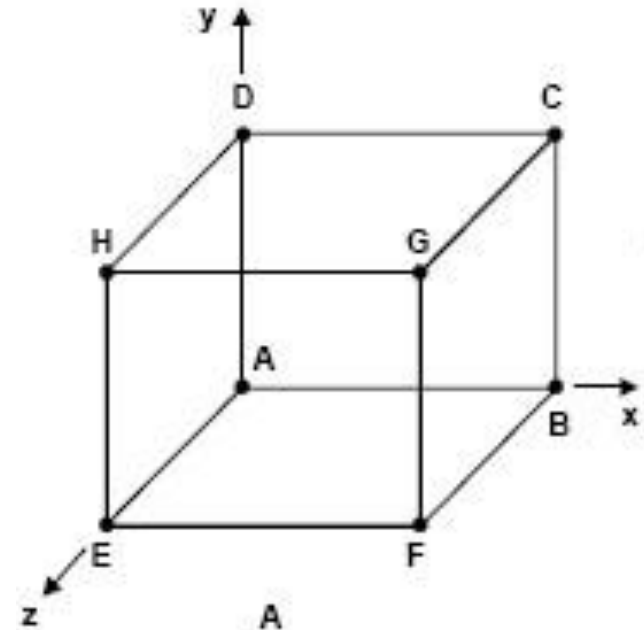
### Faces Vértices

F1	EFBA
F2	GFEH
F3	CBFG
F4	DABC
F5	HEAD
F6	DCGH

# Formas de representação do Objeto

## (Estrutura de Dados Baseada em Arestas)

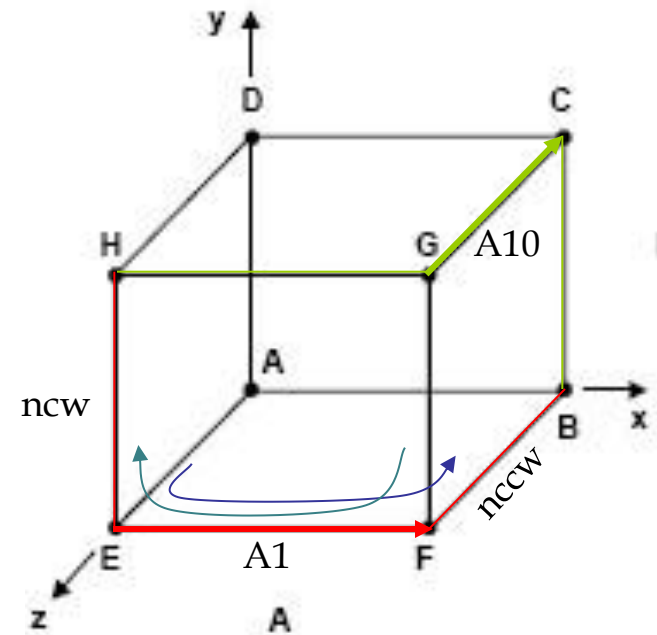
- Para faces curvas
- Lista de faces fechadas
  - ♦ Sentido horário ou anti-horário (visto do exterior)
    - Arestas orientadas



Vértices	Coordenadas
A	(0,0,0)
B	(1,0,0)
C	(1,1,0)
D	(0,1,0)
E	(0,0,1)
F	(1,0,1)
G	(1,1,1)
H	(0,1,1)

Faces	Arestas
F1	A1 A2 A3 A4
F2	A9 A6 A1 A5
F3	A6 A10 A7 A2
F4	A7 A11 A8 A3
F5	A12 A5 A4 A8
F6	A9 A12 A11 A10

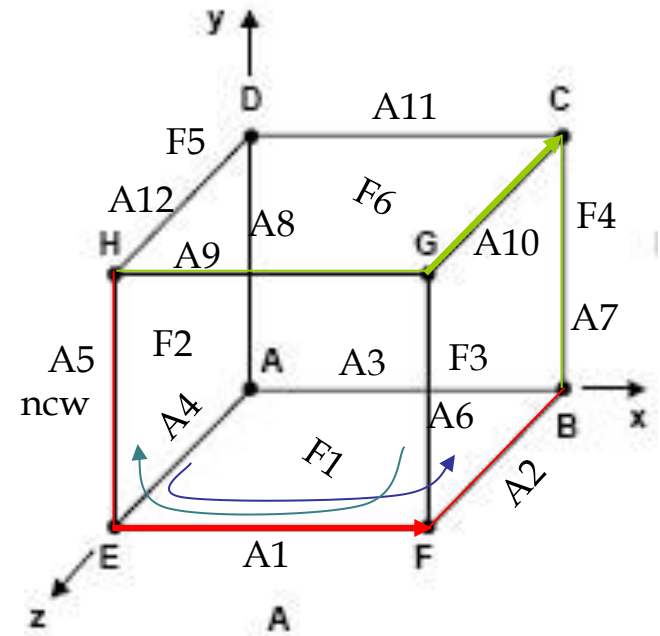
Aresta	Vértices	Aresta	Vértices
A1	EF	A7	BC
A2	FB	A8	AD
A3	BA	A9	HG
A4	AE	A10	GC
A5	EH	A11	CD
A6	FG	A12	DH



# Formas de representação do Objeto

## (Estructura de Datos Windeg-Edge e half Winged-edge)

Aresta	Vérts	V. Inic.	V. Final	ncw	nccw
A1	EF	E	F	A2	A5
A2	FB	F	B	A3	A6
A3	BA	B	A	A4	A7
A4	AE	A	E	A1	A8
A5	EH	E	H	A9	A4
A6	FG	F	G	A10	A1
A7	BC	B	C	A11	A2
A8	AD	A	D	A12	A3
A9	HG	H	G	A6	A12
A10	GC	G	C	A7	A9
A11	CD	C	D	A8	A10
A12	DH	D	H	A5	A11



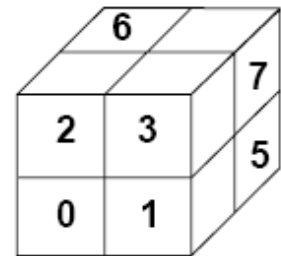
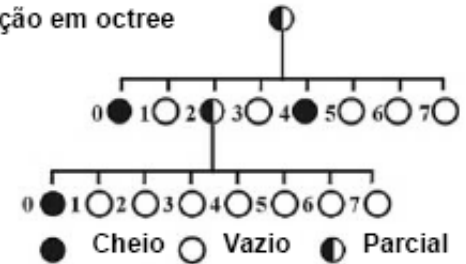
Vértices	Coordenadas
A	(0,0,0)
B	(1,0,0)
C	(1,1,0)
D	(0,1,0)
E	(0,0,1)
F	(1,0,1)
G	(1,1,1)
H	(0,1,1)

Face	Primeira Aresta	Sinal
F1	A1	+
F2	A9	+
F3	A6	+
F4	A7	+
F5	A12	+
F6	A9	-

# Formas de representação do Objeto (Decomposição do espaço em Octree)

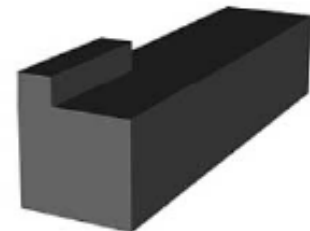
- Envolve o objeto por um paralelepípedo
- Dividir em 8 paralelepípedos menores (octantes = voxel)
  - ♦ Cada voxel pode ser:
    - Vazio: objeto não ocupa o voxel
    - Cheio: objeto ocupa o voxel
    - Parcial: objeto ocupa parte do voxel
  - ♦ Voxel Vazio é ignorado
  - ♦ Voxel Cheio é parte do objeto
  - ♦ Voxel Parcial se considera como um paralelepípedo inicial
    - Processo divisão em outros 8 voxels, etc.

Representação em octree



Numeração das células da octree

Imagem que a octree representa



# Técnicas de Modelagem Geométrica

- Modelagem

- ◆ Manual

- P conhecido, barato e simple: primitivas, operação booleana de objetos, etc.

- ◆ Automática

- Usa equipamentos especiais: scanners 3D, Fotografia 3D, etc.

- ◆ Matemática

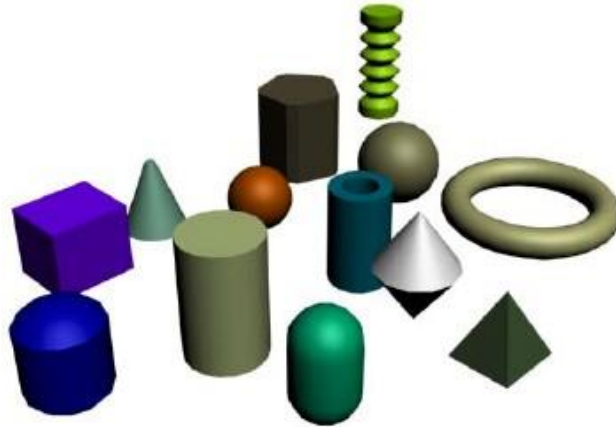
- Usa descrição matemática e algorítmica: fractal, varredura, etc.



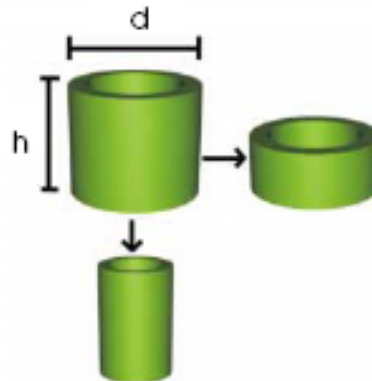
# Técnicas de Modelagem Geométrica

## (Instanciamento de Primitivas)

- Conjunto de formas sólidas relevantes à área de aplicação
  - ◆ Cada primitiva é um objeto simples



- Novos objetos criados por transformações geométricas (translação, escala, rotação, etc)



# Técnicas de Modelagem Geométrica

(Geometria Sólida Constructiva – *CSG: Constructive Solid Geometry*)

- Uso de operações booleanas ou combinações de componentes sólidos
  - ♦ União, interseção e diferença
- Armazenado em árvore os operadores e primitivas simples
  - ♦ Pai: União
  - ♦ Filhos: primitivas simples ou objeto resultante de outras operações

