

Representação de Objetos Tridimensionais

Malhas Poligonais

Maria Cristina F. de Oliveira
Rosane
2010

Modelo

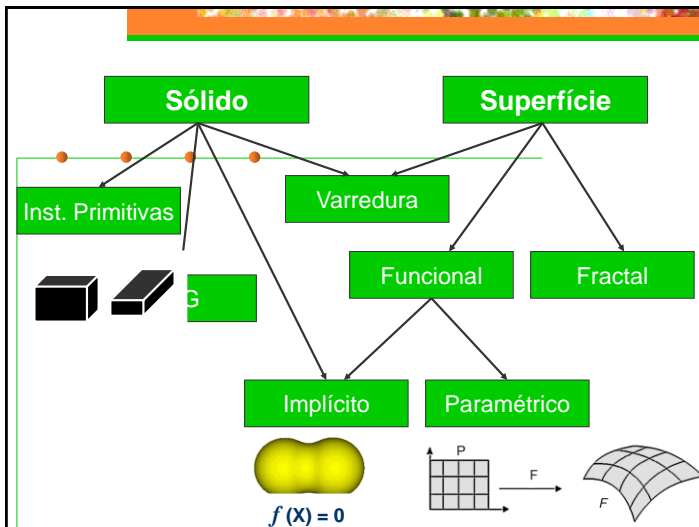
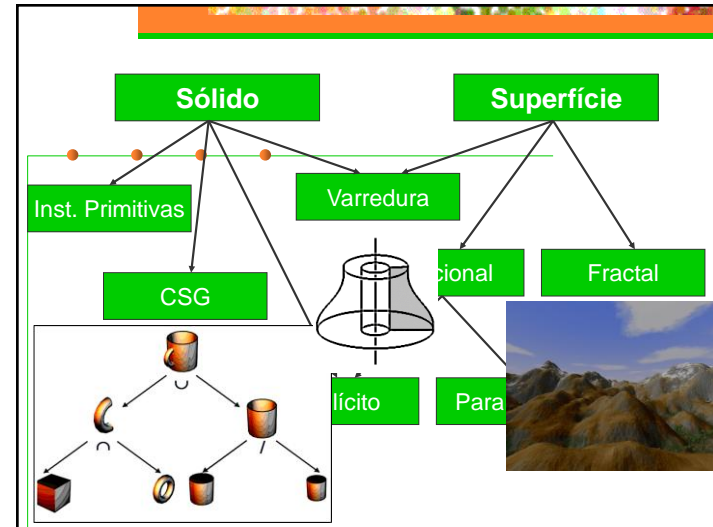
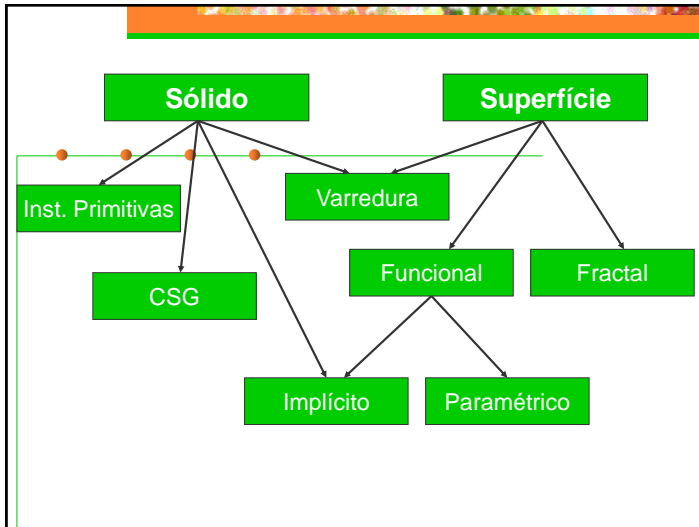
- Representação construída artificialmente para tornar mais fácil a observação/análise de um objeto/fenômeno
 - Nível de detalhe definido pelas aplicações que o utilizam
 - Problemas práticos em CG: modelos geométricos

Modelagem Geométrica

- Início dos anos 70
- Coleção de métodos usados para descrever a forma e outras características geométricas de um objeto, bem como para simular processos dinâmicos
- Sistema de modelagem geométrica: sistema computacional que permite a criação, modificação e acesso à representação de objetos por meio de modelos geométricos

Modelos Geométricos

- Cenas gráficas podem conter muitos tipos diferentes de objetos e materiais
 - Não existe uma maneira única capaz de descrever e representar todos os tipos de objetos
- Descrição vs. Representação
 - Descrição do objeto pelo usuário: processo de modelagem
 - Representação do objeto no sistema gráfico: como manter as informações necessárias para renderizar o objeto (e aplicar simulações, por ex.)



Modelagem de Sólidos

- Ramo da M.G. que estuda técnicas para criar, manter e comunicar informação sobre a forma de objetos sólidos
 - envolve a criação e a manutenção de um modelo para futuro acesso e análise
 - permite formular e responder questões sobre propriedades volumétricas (volume, peso, momento de inércia, ...) e topológicas (conectividade, pertinência, ...)

Volume vs. Superfícies

- **Objetos sólidos tridimensionais**
 - Representados apenas pela sua fronteira
 - representações por fronteira: objeto 3D descrito como um conjunto de superfícies que separa o seu interior do meio externo (geralmente quadriláteros ou triângulos, ou superfícies paramétricas)
 - Superfície e conteúdo interno representados explicitamente
 - Representações por particionamento espacial descrevem propriedade interiores, particionando a região do espaço que contém o objeto em um conjunto de pequenos sólidos adjacentes não sobrepostos (geralmente cubos ou tetraedros)

Malhas Poligonais

- Atualmente existe uma enorme diversidade de técnicas e modelos em CG
- Vamos estudar inicialmente uma forma de representação por fronteira muito simples, adotada em muitos sistemas gráficos
 - objetos descritos por malhas poligonais que representam a sua superfície (fronteira)
 - Conjunto de vértices, arestas e faces planares (triângulos)
 - Representação adequada para 'rendering' por placas gráficas: objetos gráficos padrão

Malhas Poligonais

- **Poliedros**
 - Representação poligonal é exata
- **Objetos em geral**
 - descritos por superfícies curvas
 - decompostos (*tesselated*) para produzir uma representação poligonal aproximada

Malhas Poligonais Exemplos

Fonte:

<http://www.bymath.com/studyguide/geo/geo21.htm>

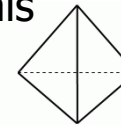


Fig. 99

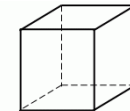


Fig. 100

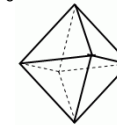


Fig. 101

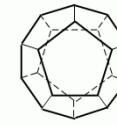


Fig. 102

Poliedros convexos regulares

tetraedro (4 faces, Fig.99)

hexaedro (cubo, 6 faces, Fig.100)

octaedro (8 faces, Fig.101)

dodecaedro (12 faces, Fig.102)

icosaedro (20 faces, Fig.103)



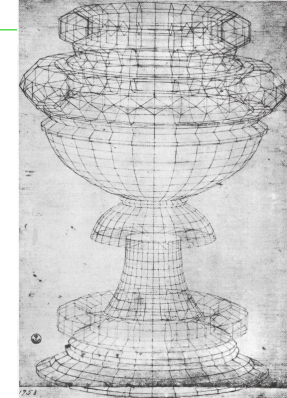
Fig. 103

Malhas Poligonais – Exemplos



Malhas Poligonais – Exemplos

http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/modeling/poly_mesh/polymesh.htm



Malhas Poligonais – Exemplos



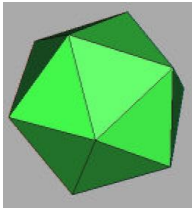
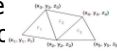
Estruturas de Dados

- Problema
 - como armazenar a descrição de um objeto em termos das faces que descrevem sua superfície?
 - Diversas soluções possíveis...
- Sugestões??

Estruturas de Dados

■ Solução simples

- Tabela de faces, cada face informa as coordenadas de seus vértices

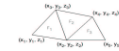


Face	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
f1	1	2	3	4	5	6	7	8
f2	1	2	3	4	5	6	7	8
f3	1	2	3	4	5	6	7	8
f4	1	2	3	4	5	6	7	8
f5	1	2	3	4	5	6	7	8
f6	1	2	3	4	5	6	7	8

Estruturas de Dados

■ Problemas:

- vértices redundantes, ausência de informação topológica



■ Alternativa

- tabelas de faces e de vértices
- cada face lista referências aos seus vértices
- resolve os problemas?

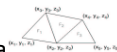
Face	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
f1	1	2	3	4	5	6	7	8
f2	1	2	3	4	5	6	7	8
f3	1	2	3	4	5	6	7	8
f4	1	2	3	4	5	6	7	8
f5	1	2	3	4	5	6	7	8
f6	1	2	3	4	5	6	7	8

Face	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
f1	1	2	3	4	5	6	7	8
f2	1	2	3	4	5	6	7	8
f3	1	2	3	4	5	6	7	8
f4	1	2	3	4	5	6	7	8
f5	1	2	3	4	5	6	7	8
f6	1	2	3	4	5	6	7	8

Estruturas de Dados

■ Outra alternativa

- tabelas de faces, de arestas e de vértices
- cada face lista referências às arestas que a compõem, cada aresta lista referências aos vértices
- Todos os 'elementos topológicos' (faces, arestas e vértices) armazenados explicitamente...
- Informação topológica (adjacência) implícita



Face	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
f1	1	2	3	4	5	6	7	8
f2	1	2	3	4	5	6	7	8
f3	1	2	3	4	5	6	7	8
f4	1	2	3	4	5	6	7	8
f5	1	2	3	4	5	6	7	8
f6	1	2	3	4	5	6	7	8

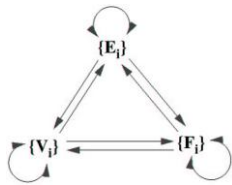
Estruturas de Dados

■ Listas de adjacências

- Armazena explicitamente todas as adjacências entre vértices, faces e arestas
- Toda a informação topológica explícita
- Custo extra de armazenagem

Estruturas de Dados

- Listas parciais de adjacências
 - Possível armazenar algumas relações de adjacência, e inferir outras?

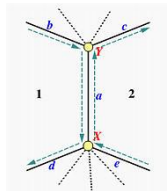
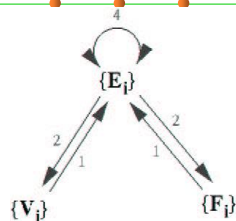


Estruturas de Dados

- Winged-edge
 - Associa informações de adjacência às arestas
 - Todas as adjacências entre elementos topológicos recuperadas em tempo $O(1)$
 - Custo extra de armazenamento pequeno (registros de tamanho fixo)
 - Consegue representar polígonos arbitrários

Estruturas de Dados

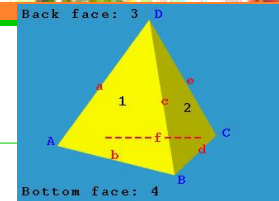
- Winged-edge



Aresta	Vert.	Faces		Esquerda		Direita		
Id	Inic	Fim	esq	dir	Pred	Suc	Pred	Suc
a	X	Y	1	2	b	d	e	c

adap. De <http://www.cs.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/model/winged-e.html>

Estruturas de Dados



- Winged-edge (exemplo)

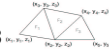
Aresta	Vert.	Faces		Esquerda		Direita		
ID	Inic	Fim	Esq.	Dir.	Pred	Suc	Pred	Suc
a	A	D	3	1	e	f	b	c
b	A	B	1	4	c	a	f	d
c	B	D	1	2	a	b	d	e
d	B	C	2	4	e	c	b	f
e	C	D	2	3	c	d	f	a
f	A	C	4	3	d	b	a	e

Estruturas de Dados

- Observação
 - Em muitas E.D. inconsistências podem ocorrer se o processo de geração da malha não for cuidadoso para evitá-las
 - a malha pode descrever objetos não 'factíveis'
 - Ex. vértices e arestas isolados, polígonos não fechados, polígonos isolados, etc.
- Certas estruturas, como a *winged-edge*, não admitem tais ocorrências: modelo descreve objeto consistente

Malhas de Triângulos

- Propriedades
 - Cada face tem exatamente 3 vértices
 - Cada vértice compartilha um número arbitrário de faces
- Estrutura de Adjacência simples
 - Faces armazenam referências a vértices e faces vizinhas
 - Maioria das relações de adjacência recuperada em tempo constante



Malhas de Triângulos

- Um problema bastante atual é o da simplificação de malhas (*decimação*)
 - Redução do número de polígonos/triângulos necessários para descrever um modelo
 - Veja:
<http://www.crd.ge.com/~loresen/decimate/decimate.html>
 - Porquê?
 - *Rendering* mais rápido
 - Menor custo de armazenagem
 - Manipulação mais simples

Informações Geométricas

- As coordenadas dos vértices contêm a informação geométrica necessária para o *rendering* do modelo
 - A partir das coord's dos vértices, pode-se computar a inclinação das arestas, o retângulo envoltório (*bounding box*) de cada face, a equação do plano que contém cada face, etc.
 - Informações necessárias para algoritmos de recorte, remoção de superfícies ocultas e de *rendering*...

Informações Geométricas

■ Equação do plano:

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

em que (x,y,z) é um ponto qqr no plano, A, B, C e D são ctes. que descrevem as propriedades espaciais do plano.

Como obter a equação do plano, dados 3 pontos que estão no plano?

v. Hearn & Baker, Seção 10.1

Informações Geométricas

- Equação do plano
- Coefs. A, B, C e D podem ser armazenados na tabela de faces
- Orientação do plano no espaço dada pela sua normal: $\mathbf{N} = (A, B, C)$
- Importante distinguir os 2 lados: 'dentro' e 'fora': especificar os vértices sempre na direção anti-horária de alguém observando o plano do lado 'de fora'

Exercício

1. Desenvolver um programa para preencher uma winged-edge a partir da descrição simples do modelo, lida de um arquivo, contendo vértices, arestas, e faces.
=> Qual é a menor quantidade de informação necessária para fazer isso?

Bibliografia

- Seção 10.1 – Hearn & Baker Computer Graphics in C
- Lecture Notes by Thomas Funkhouser at Princeton University:
<http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall02/cs526/lectures/meshes.pdf>