

Computação Gráfica

Áreas Relacionadas, Cenário e Histórico

Maria Cristina F. de Oliveira
Rosane Minghim
ICMC - USP

Visão Geral

- Introdução à Computação Gráfica e áreas relacionadas
- Computação Visual
- Histórico
- Aplicações
- Perfil da disciplina
- Bibliografia

Computação Gráfica

- Sub-área da Ciência da Computação
 - Técnicas para a geração, exibição, manipulação e interpretação de modelos de objetos e de imagens utilizando o computador
 - Modelos e imagens criados a partir de dados do mundo real \Rightarrow converter dados em imagens
- Usuários em disciplinas diversas
 - Ciência, engenharia, arquitetura, medicina, arte, publicidade, lazer (cinema, jogos, ...)
 - Enorme gama de aplicações

3

Sistema Gráfico

- dispositivo de exibição gráfico
 - Tecnologia matricial: matriz de pixels
- imagens geradas ou representadas no computador
- sistemas altamente interativos
 - usuário controla o conteúdo, a estrutura e a aparência dos objetos e imagens visualizadas na tela, usando dispositivos de interação
 - forte relação com HCI - Interação Usuário Computador

4

Áreas Relacionadas

- Computação Gráfica
- Processamento de Imagens
- Visão Artificial
- Visualização Computacional

5

Computação Gráfica

- síntese de imagens
- técnicas para gerar representações visuais a partir de especificações geométricas e de atributos visuais dos seus componentes
 - modelagem e rendering
- objetivo: 'mundo' 3D no computador
- cena descrita em termos de sua geometria e atributos visuais para o 'rendering', até obter matriz de pixels

6

Bíscaro et al., 2005



7

http://hof.povray.org/Villarceau_Circles-CSG.html



© 2004 Tor Olav Kristensen

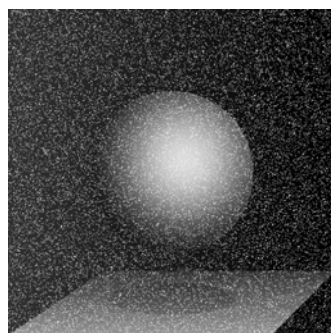
8

Processamento de Imagens

- técnicas de transformação de imagens descritas como 'matriz' de pixels
- objetivo
 - melhorar características visuais (aumentar contraste, melhorar foco, reduzir ruído, eliminar distorções)
 - extrair elementos de interesse; ou mesmo 'transformar' a imagem, criando efeitos visuais
- cena: matriz de 'pixels'

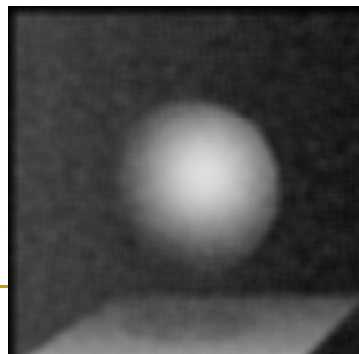
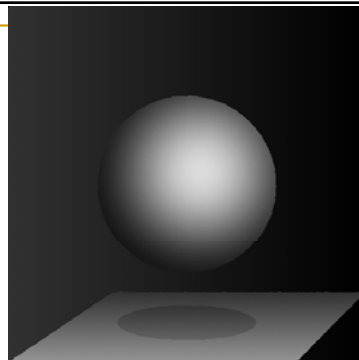
9

Exemplo



mediana
5x5

média
11x11

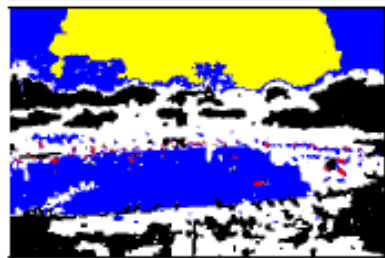
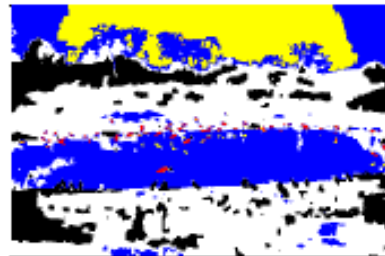


Exemplo



11

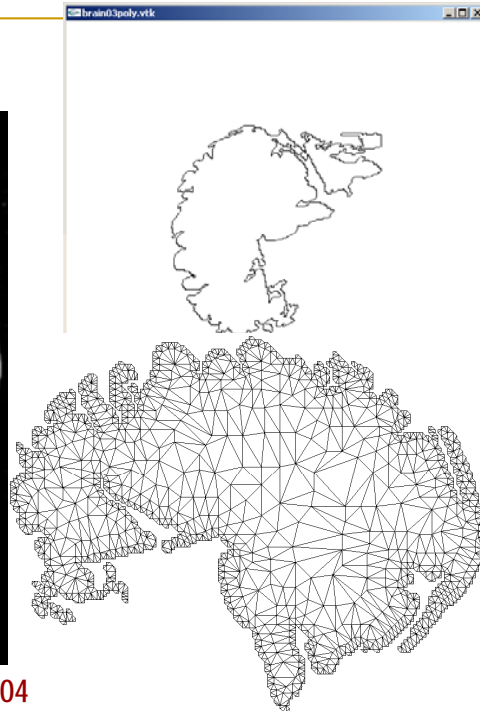
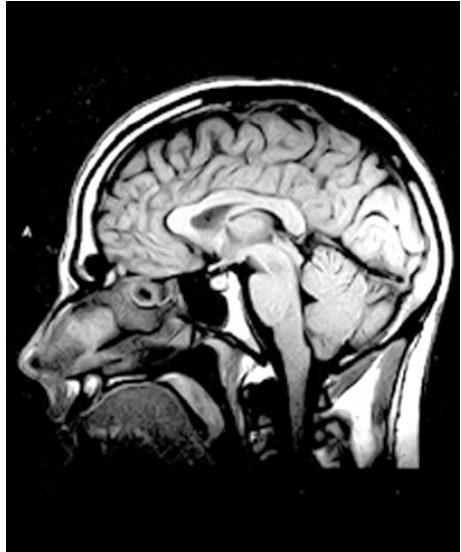
Exemplo



André Balan, 2004

12

Exemplo



Liziér et al., 2004

Visão Artificial



Colocar "o sentido"
da visão na máquina

Visão Artificial

- Problema extremamente complexo
 - Visão envolve inteligência...
- Ponto de partida é o problema mais simples de analisar imagens
 - técnicas para extrair informações de imagens
 - objetivos: p.ex., extrair modelos geométricos, ou implementar no computador tarefas que requerem habilidade visual
 - informação não pictórica obtida da imagem
 - por exemplo, obter primitivas geométricas que descrevem elementos contidos na imagem, ou reconhecer padrões

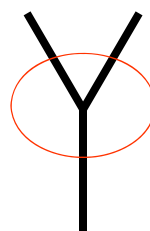
15



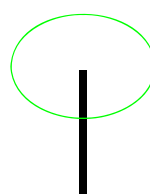
Exemplo: um sistema de visão para reconhecer digitais



Reconhecimento de Digitais - padrões



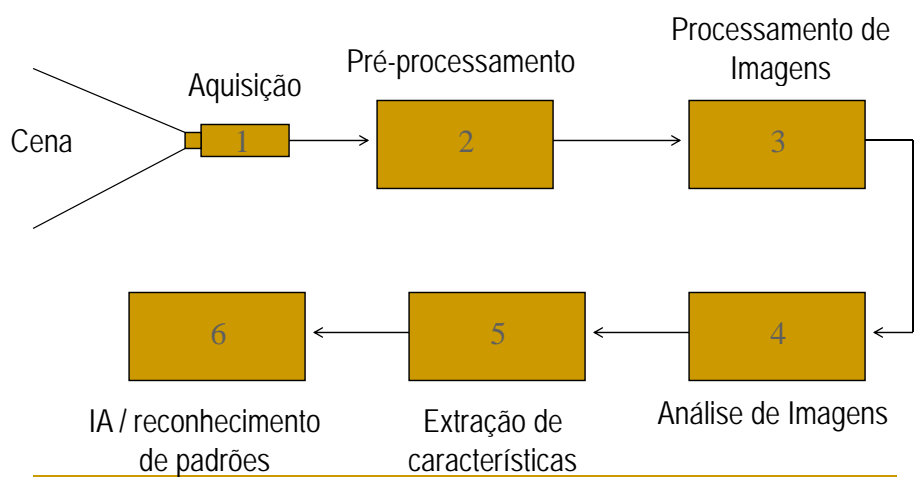
Bifurcações



Terminações

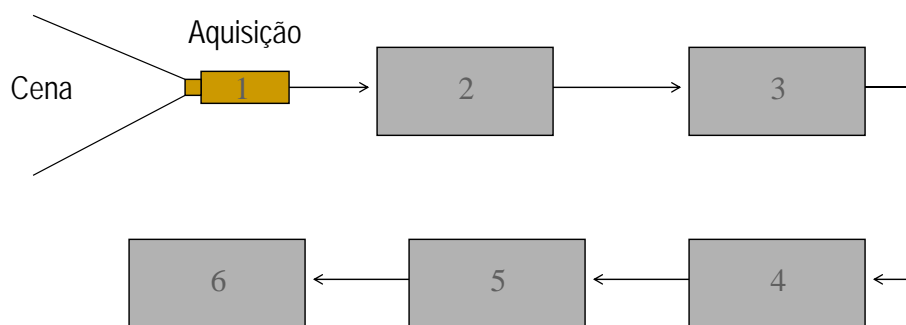
17

Típico sistema de visão



18

Passo 1 - Aquisição



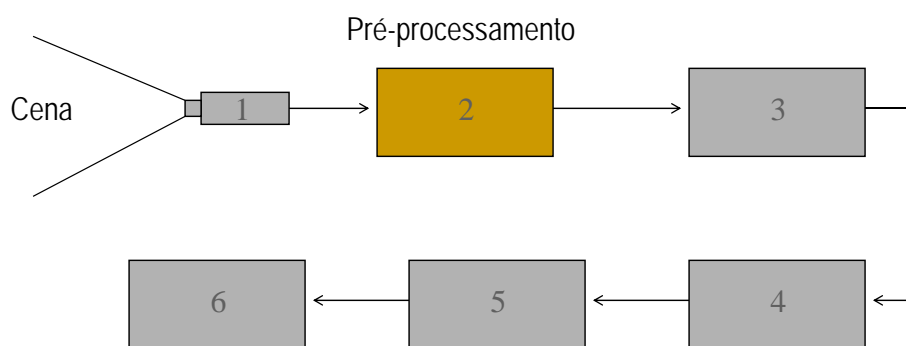
19

Aquisição



20

Passo 2 - Pré-processamento



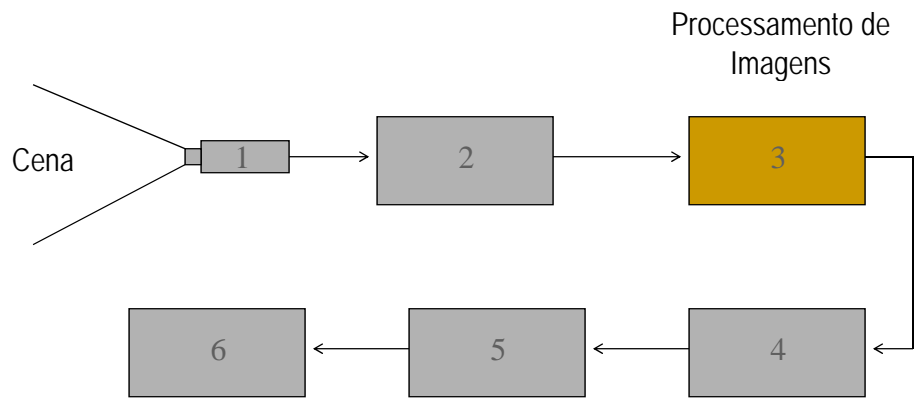
21

Pré-processamento



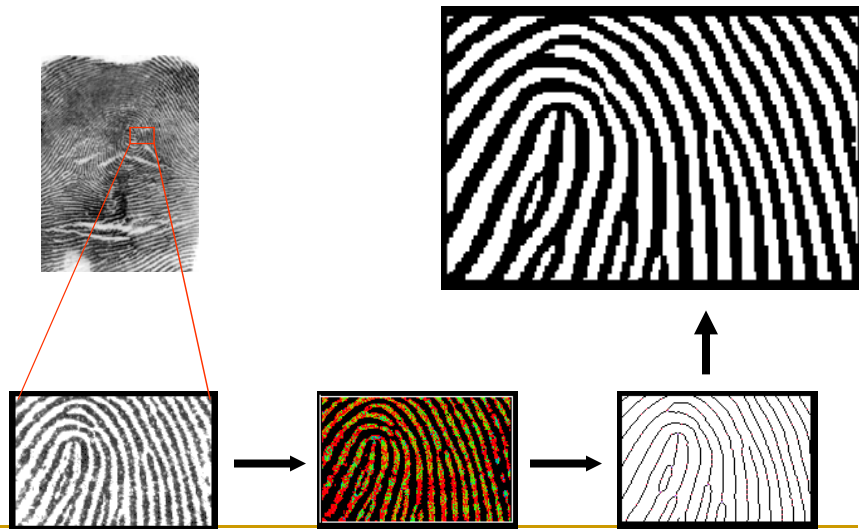
22

Passo 3 - Processamento de Imagens



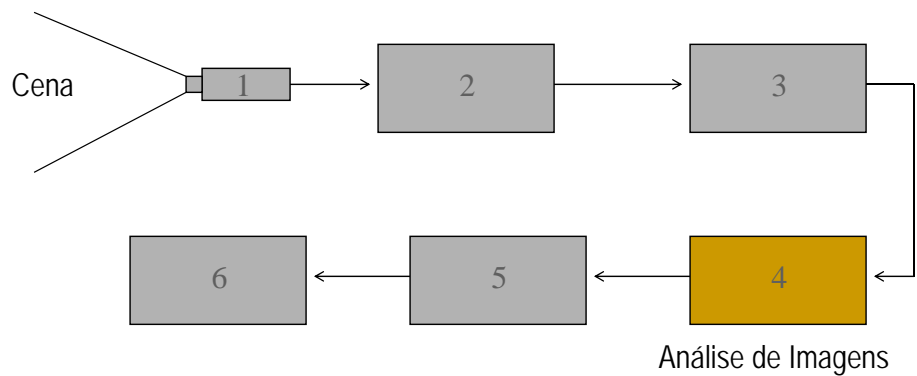
23

Processamento de Imagens



24

Passo 4 - Análise de Imagens

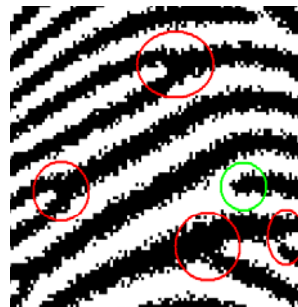


25

Análise de Imagem

1- Procurar todos e marcar:

- bifurcações
- terminações

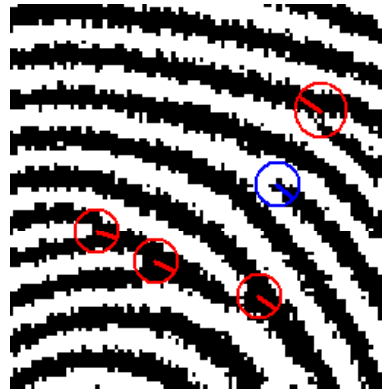


26

Análise de Imagem

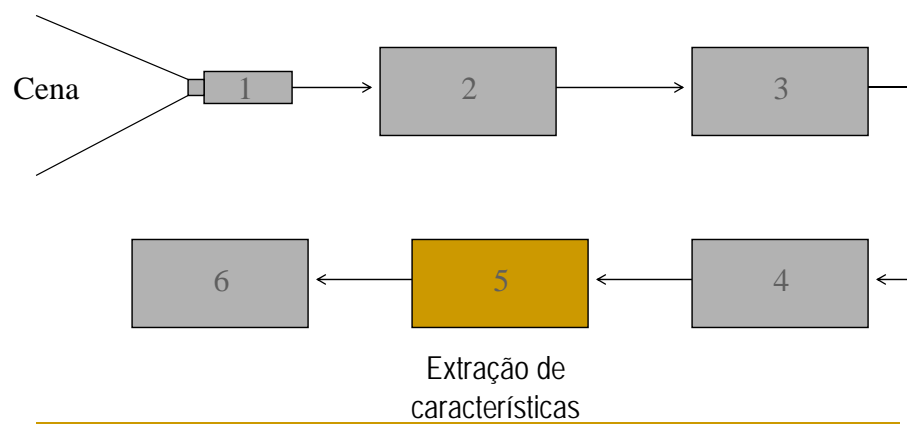
2 - Determinar as orientações:

- bifurcações
- terminações



27

Passo 5 - Extração de Características



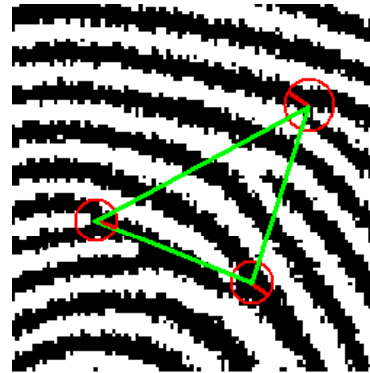
28

Extração de Características: Modelo Matemático

Modelo Matemático

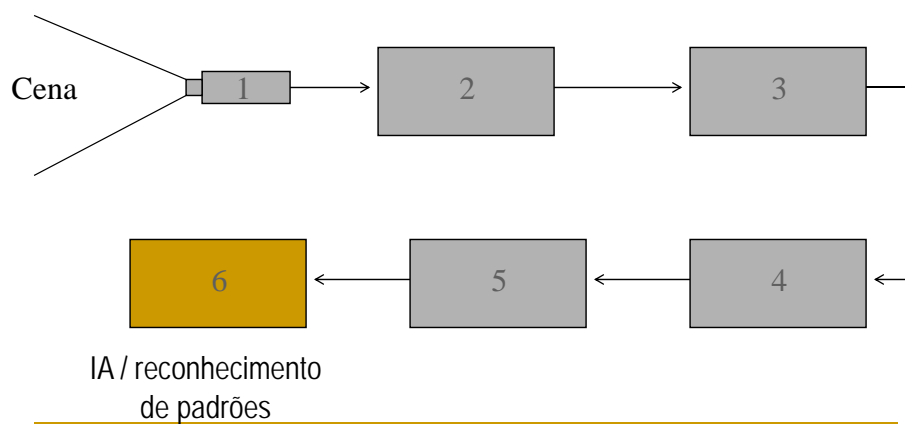
- Semelhança de Triângulos

Combinar as marcações 3 a 3



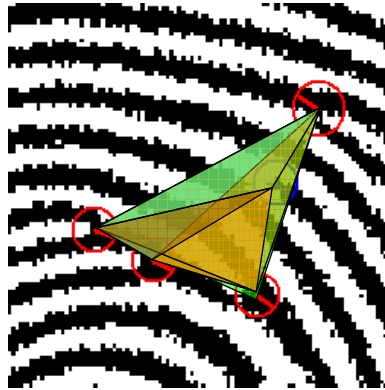
29

Passo 6 - IA / Reconhecimento de padrões

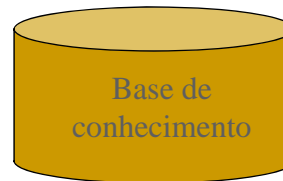


30

IA / Reconhecimento de padrões

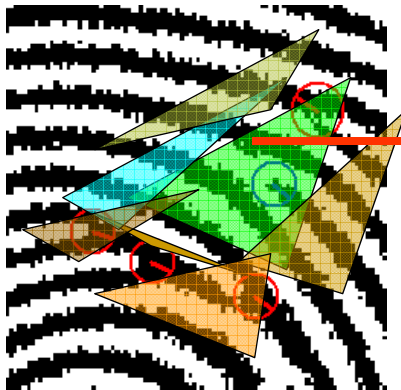


Armazenar o modelo matemático
de todos os triângulos

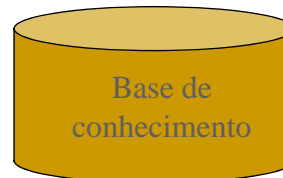


31

IA / Reconhecimento de padrões

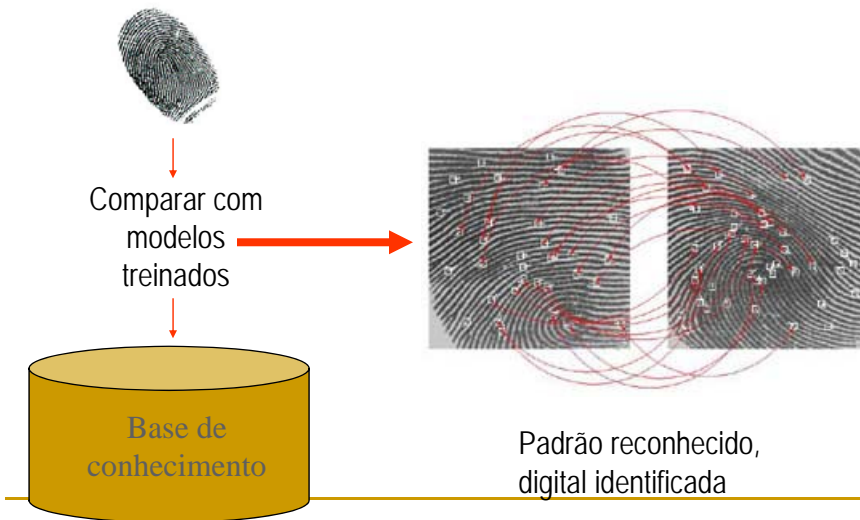


Armazenar o modelo matemático
de todos os triângulos



32

IA / Reconhecimento de padrões



33

Visualização Computacional

- técnicas da CG para representar dado/informação: representações gráficas de dados, numéricos ou não
- objetivos: facilitar o entendimento de fenômenos complexos e a exploração de diferentes cenários
- síntese para gerar as representações visuais, análise (pelo usuário) para extrair informações

34

Visualização

Hamming 1973: "*the purpose of computation is insight, not numbers*"

Card et al. 1999: "*the purpose of visualization is insight, not pictures*"

Principais objetivos desse "*insight*": descoberta, verificação de hipóteses, tomada de decisões, explicação

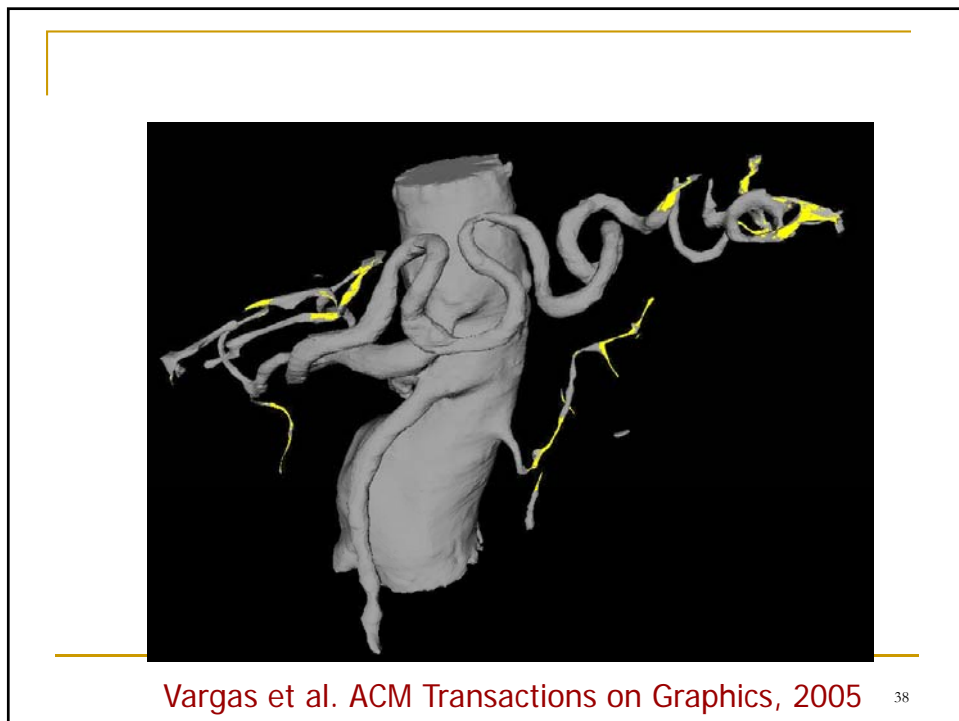
A Visualização é útil na medida em que amplia a nossa capacidade de executar essas e outras tarefas cognitivas

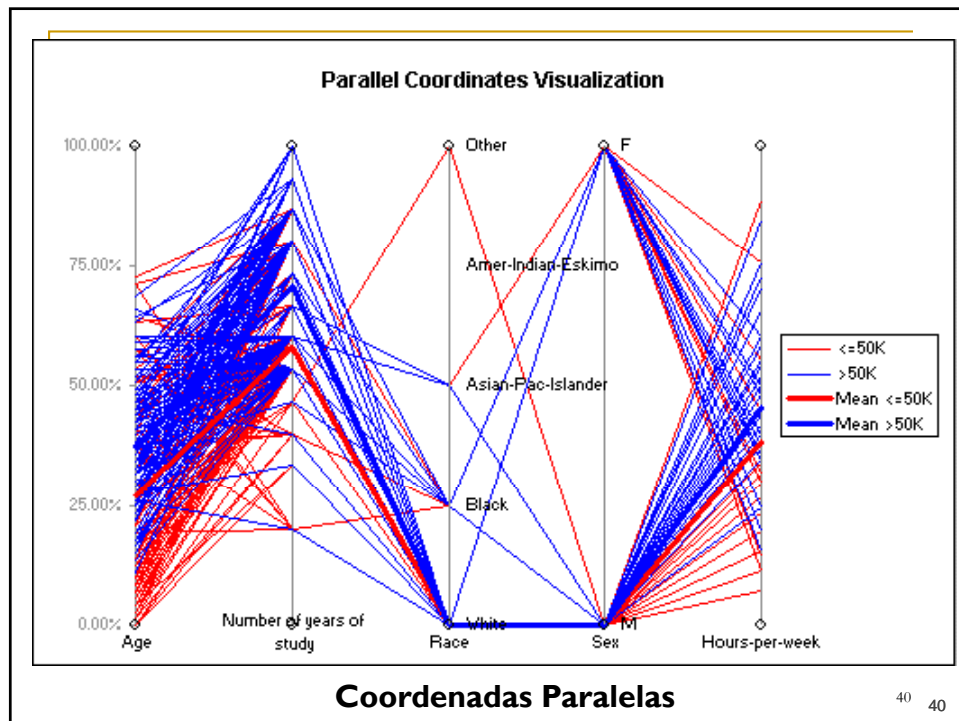
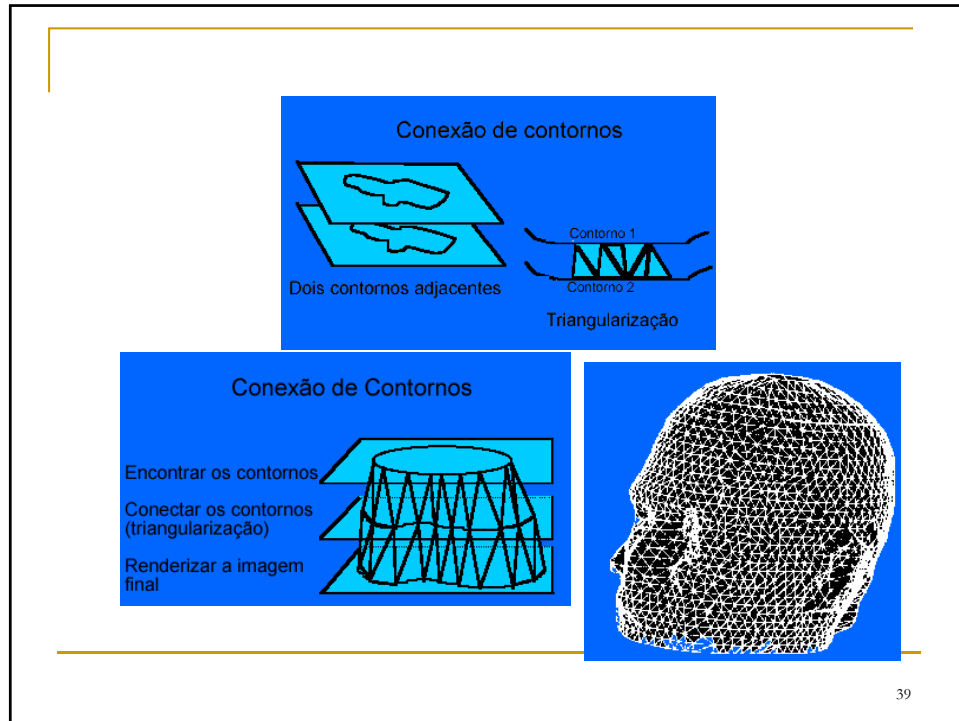
35

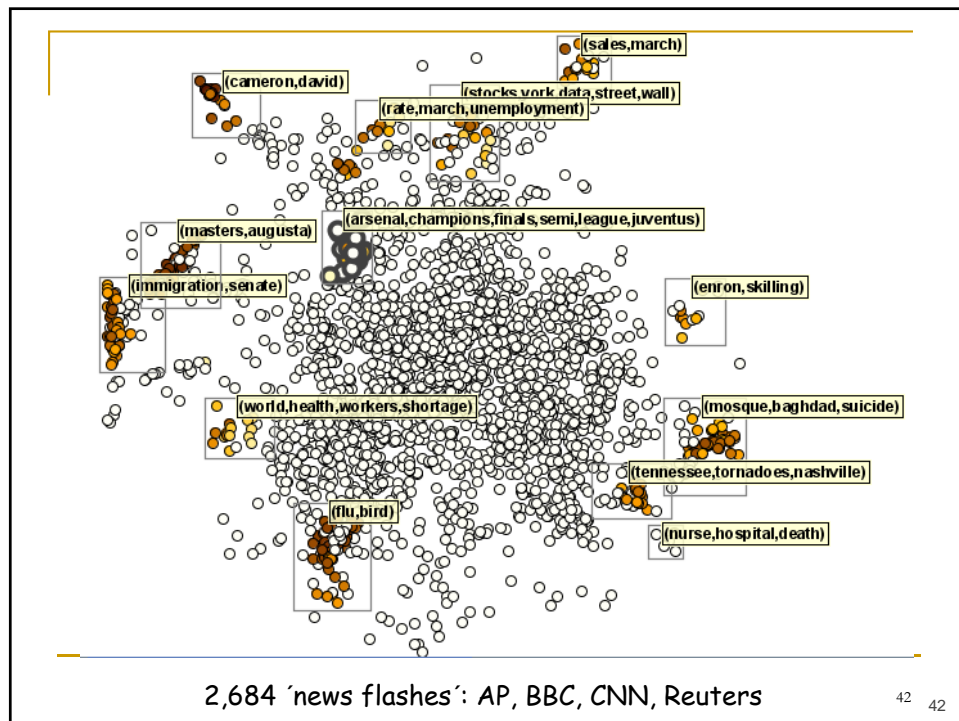
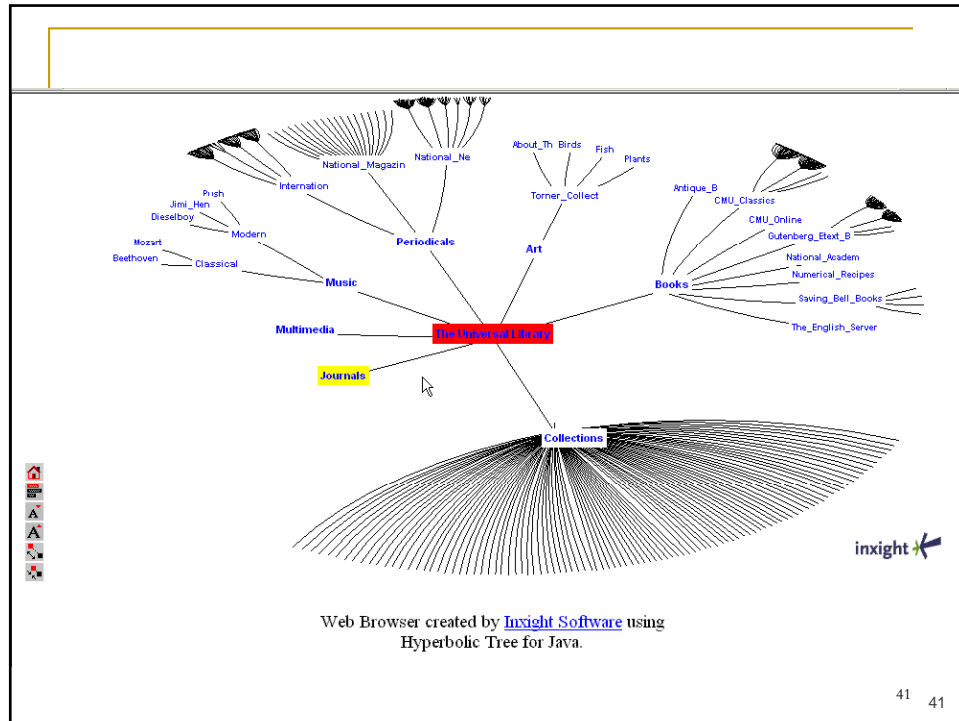
Visualização

- Visualização Científica
- Visualização de Informação

36



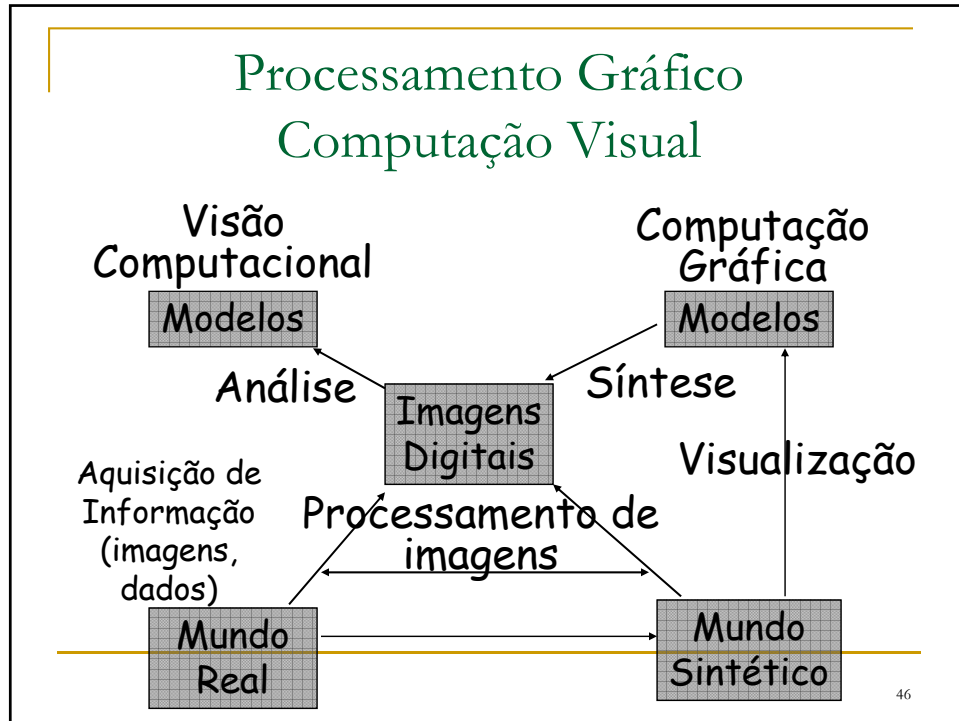




■ Vídeo PEx-Image

43 43

The screenshot displays the Visual Analytics Inc. website in a web browser. The browser's address bar shows the URL <http://www.visualanalytics.com/>. The website features a navigation bar with links: Home, Products, Solutions, Support & Downloads, and News & Media. A prominent banner at the top reads "Commercial Expose questionable transactions, atic fraud" and includes a "Select a solution" button. Below the banner, a "Visual Analysis Software" section contains a network diagram. This diagram illustrates a central "Suspect" node connected to various data sources: "Structured Sources", "Web Content", "Text Documents", "Office Documents", "Emails", "Uptown Blooms", "Visual Us", "Lorlon VA 22122", "Phone 1", "Phone 2", "Phone 3", "555-00-1212 SSN", and "Withdrawal". To the right of the diagram, a "Product" section describes "VisualLinks" as a toolkit for exposing information in data and identifies "Digital Information Gateway (DIG)" as a secure data sharing and collaboration network. The page also includes links for "Download Collateral" and "Fact Sheet". At the bottom, a tagline states: "Fully interactive, secure, searchable and customizable software; When VisualLinks and Digital Information Gateway connect anything is attainable." and lists "Solutions for:".



Perfil da disciplina

- Ênfase em síntese de imagens
- Fundamentos
 - algoritmos de conversão matricial
 - transformações geométricas, sistemas de coordenadas, transformações entre sistemas
 - *pipeline* de visualização
- Técnicas clássicas de modelagem 3D e *rendering*
 - Patches bicúbicos e representação por fronteiras
 - Modelos clássicos de iluminação e remoção de superfícies ocultas

■ Parte 2: histórico

49

Histórico

- (1963) Sketchpad
 - Ivan Sutherland apresenta o sistema que vinha desenvolvendo p/ seu Ph.D. no MIT
 - Programa p/ desenho e manipulação de elementos geométricos na tela de um monitor de vídeo (primitivas gráficas 2D)
 - Entrada via caneta ótica (light pen), saída no monitor de vídeo (tecnologia vetorial)
 - Primeira tentativa de usar um monitor de vídeo como dispositivo de interação, bem como de usar o computador para gerar e exibir figuras!
 - interação por caneta ótica (selecionar, apontar, desenhar)

50



Ivan Sutherland na console do TX-2, exibindo o Sketchpad (MIT, 1963)
Fonte: http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/abowd_team/ivan/ivan.html

51

Histórico (dispositivos vetoriais)

■ Primórdios

- ❖ Dispositivos de Exibição
 - natureza analógica: *vector graphics*
 - imagens formadas pelo desenho de segmentos de reta (traçado de contornos)
 - tecnologia cara
 - ausência de cores
- ❖ primeiros programas de CAD
- ❖ contexto: pouca interação com o usuário, uso restrito (equipamento caro!)

52

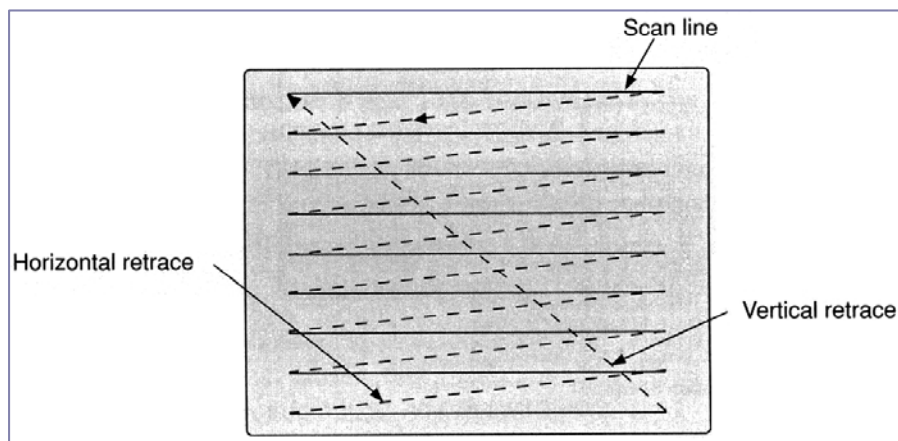
Histórico

■ Década de 80

- ❑ disseminação de aplicativos
- ❑ evolução do hardware
 - surgimento da tecnologia matricial (raster graphics)
 - ❑ imagens formadas por matrizes de pontos, ou pixels: picture elements
 - ❑ baixo custo, uso de cores, áreas preenchidas
 - ❑ aliasing
 - aumento da capacidade de processamento
 - melhores dispositivos de interação: mouse (1968), ...
 - novos paradigmas em HCI: janelas

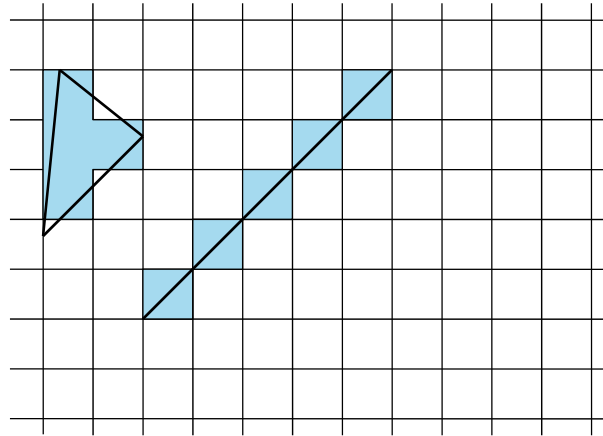
54

CRT - matricial



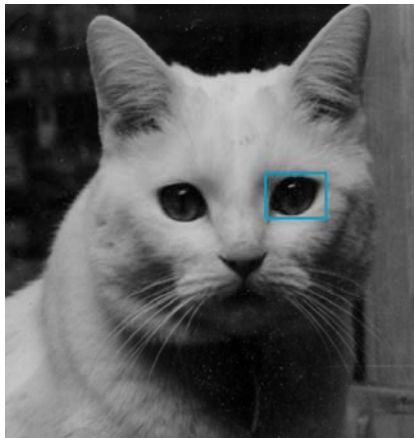
55

Aliasing

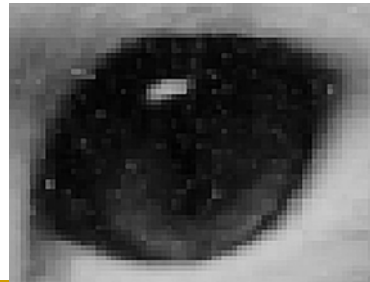


56

Pixels



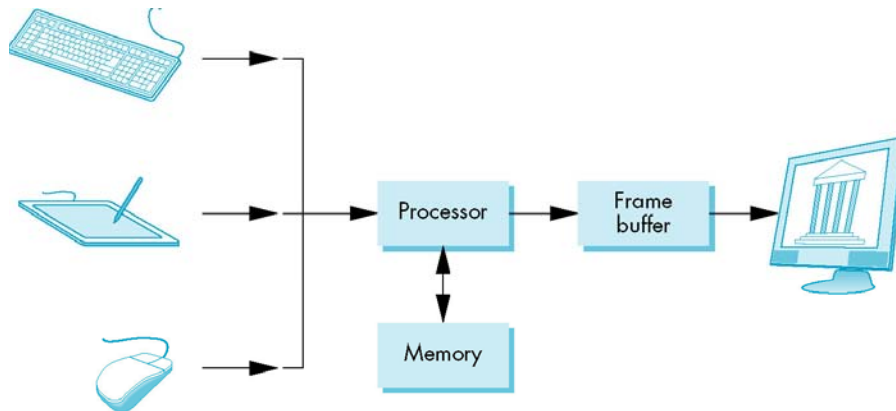
Cada pixel corresponde a uma pequena área da imagem – armazenados no frame buffer



Fonte: E. Angel, Interactive Computer Graphics

57

Pixels e o Frame Buffer

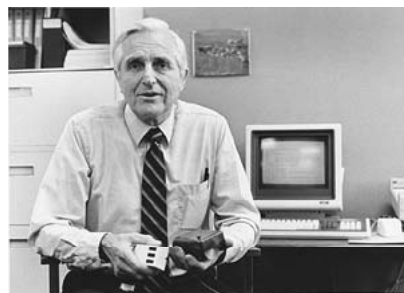
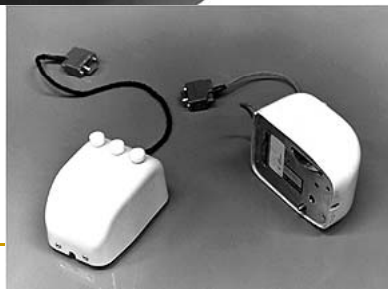


Sistema gráfico matricial – *raster*

Fonte: E. Angel, Interactive Computer Graphics

58

<http://sloan.stanford.edu/mousesite/>



59

Histórico

■ Década de 80

□ Pacotes gráficos

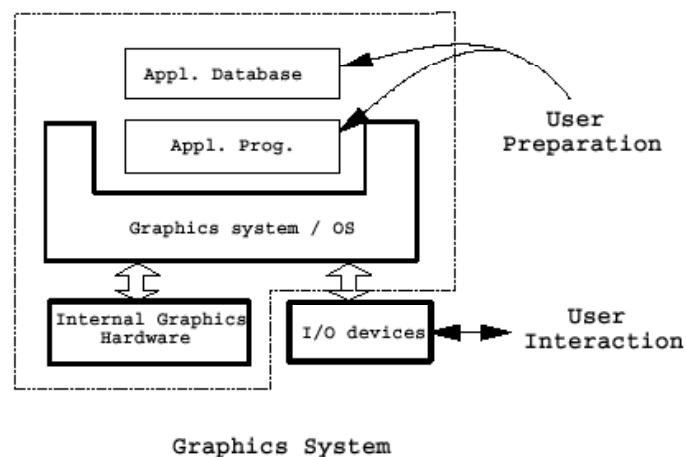
- portabilidade (independência de dispositivo)
- reutilização
- APIs: GKS, PHIGS, OpenGL
 - Padrões: especificação de uma interface para os programadores de aplicativos independente do S.Op. e do sistema gerenciador de janelas.

□ Computação Gráfica 3D

- Principais representações gráficas 3D: baseadas em descrições geométricas das superfícies dos objetos

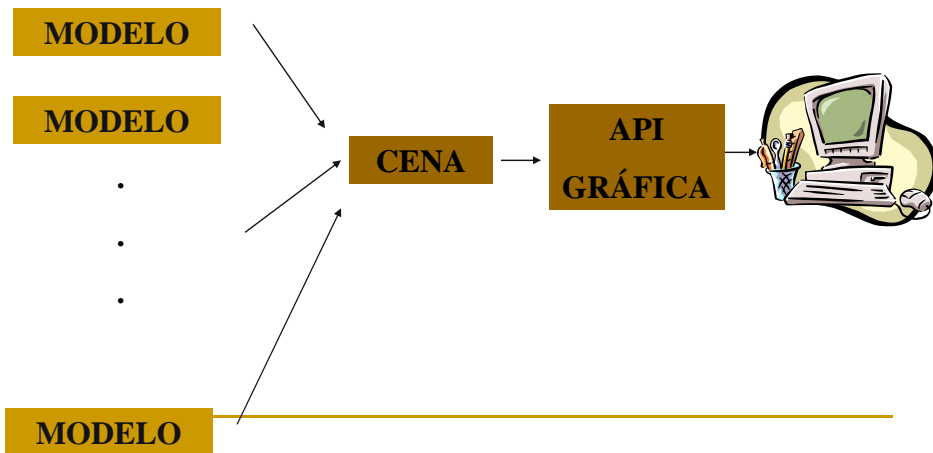
60

Sistema Gráfico



61

Sistema Gráfico – a rede para exibição gráfica



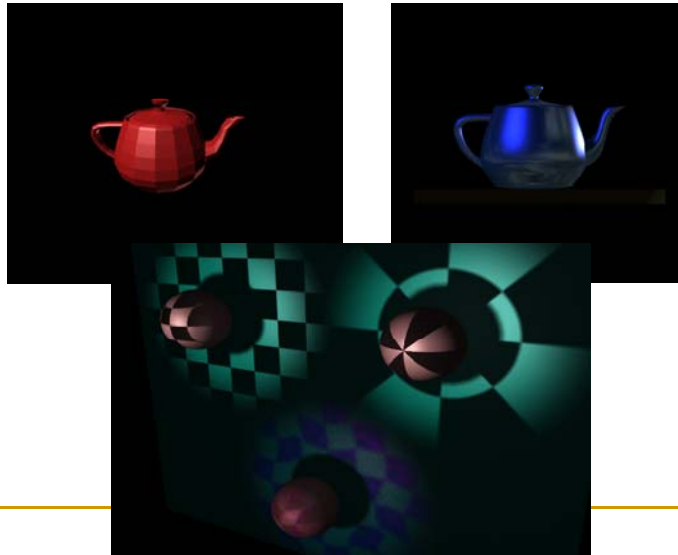
62

Histórico: (síntese de imagens)

- Técnicas para criar 'mundos 3D' no computador
 - Modelagem: criação de uma representação dos objetos
 - informações geométricas
 - informações sobre os materiais
 - informações sobre a fonte de luz e o observador
 - Rendering (e animação): apresentação dos objetos
 - geração de uma imagem (ou uma sequência delas) a partir das representações (modelos)
 - poligonização: aproximação da descrição geométrica por uma malha de faces poligonais (planares), como triângulos
 - simulação da interação de fontes de luz com as primitivas da cena

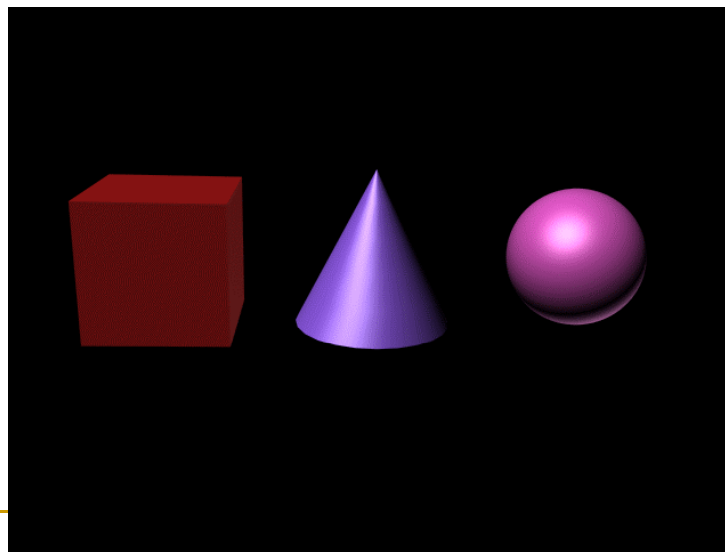
63

Síntese de Imagens



64

Síntese de Imagens



65

Histórico

- Marcos históricos – LucasFilm, Pixar
 - Ed Catmull, University of Utah
 - Patches bicúbicos (representação de superfícies), z-buffer (remoção de superfícies ocultas), mapeamento de texturas – início da década de 70.
 - Loren Carpenter, Boeing
 - Modelagem por fractais – montanhas, nuvens, água... – início da década de 80
 - Robin Cook, Cornell University
 - Novo modelo de reflexão de luz, mais realista, shade trees ('linguagem' para rendering) - década de 80.
 - Pixar's RenderMan
 - Oscar em março de 2001 'for significant advancements to the field of motion picture rendering'

66

■ **ACM Bulletin Service** **Today's Topic: ACM Fellow Ed Catmull Receives Oscar for Contributions to Computer Graphics** February 25, 2009

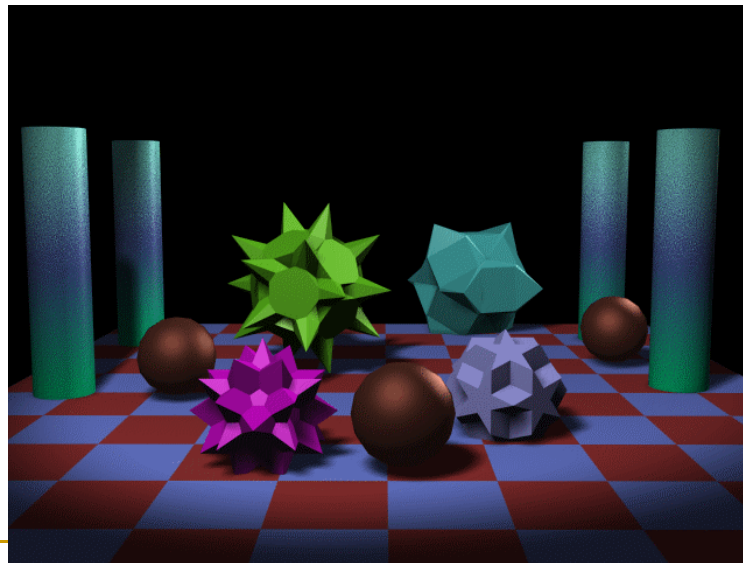
- ACM Fellow Ed Catmull was presented with an Oscar statuette ... by the Board of Governors of the Academy of Motion Picture Arts and Sciences. ...
- In addition to being a noted computer scientist, Catmull is co-founder of Pixar Animation Studios and president of Walt Disney and Pixar Animation Studios. He is also widely regarded as a leading innovator by the ACM SIGGRAPH community for his key contributions to fundamental computer graphics concepts.
- <http://www.siggraph.org/>

67

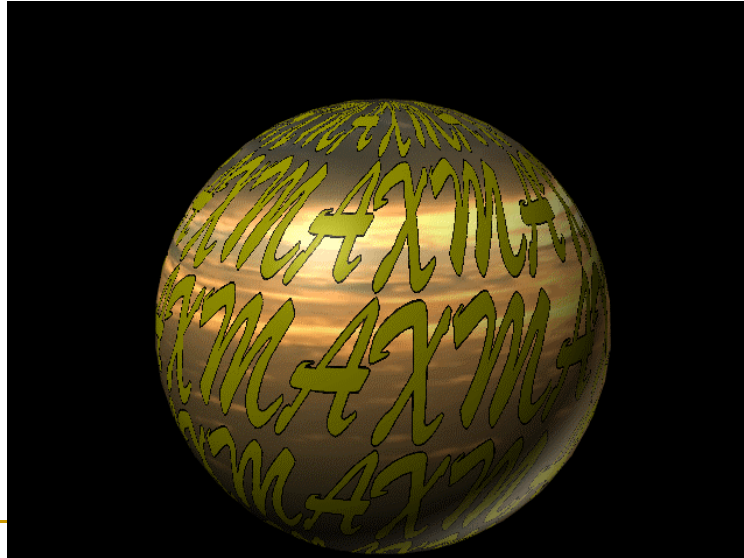
Histórico

- Década de 90
 - gama de técnicas estabelecidas em Síntese de Imagens
 - estratégias clássicas de modelagem: por fronteira, CSG, octrees, ...
 - estratégias para descrição de modelos: varredura, formulações matemáticas para definição interativa de curvas e superfícies (B-splines, NURBS, ...)
 - estratégias alternativas de modelagem: fractais, partículas, ...
 - estratégias de rendering sofisticadas: ray tracing, radiosidade, modelos físicos de iluminação, mapeamento de textura...
 - áreas relacionadas também amadureceram

68



69



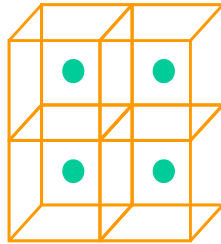
70

Histórico

- Década de 90
 - Consolidação da Visualização Computacional como disciplina
 - conceito de voxels: volume elements
 - Computação Gráfica Volumétrica
 - modelos gráficos utilizando voxels (ou tetraedros) como primitivas
 - cena: descrita como um volume de voxels ou tetraedros
 - altíssimos requisitos de memória e processamento
 - futuro: rendering de superfícies x rendering volumétrico?
 - Realidade Virtual
 - mundos virtuais
 - interação imersiva

71

Voxels

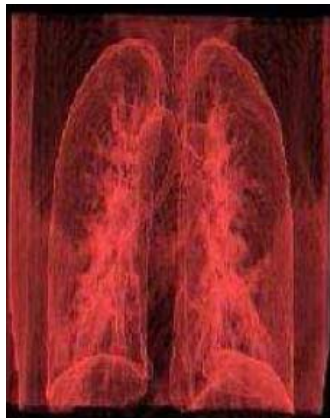


Voxels: volume elements

Cada voxel associado a um valor escalar

Rendering volumétrico

Rendering Volumétrico Direto



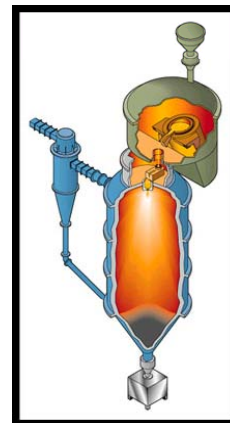
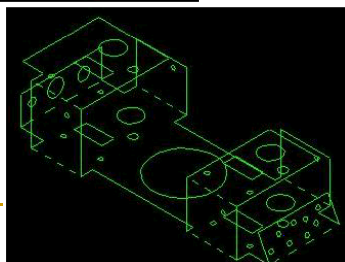
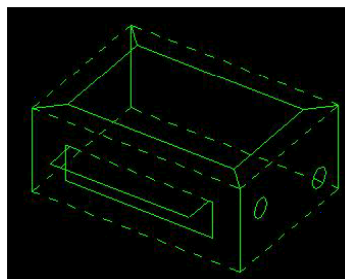
Modelo gerado por DVR: *ray casting* no *Visualization Toolkit*
Gerado por Danilo Medeiros Eler

Aplicações

- Engenharia e arquitetura: CAD:Computer Aided Design
- Arte por Computador
- Visualização: medicina, odontologia, meteorologia, dinâmica de fluidos, ...
- Entretenimento
- Educação e treinamento
- Software para geração de apresentações, ...

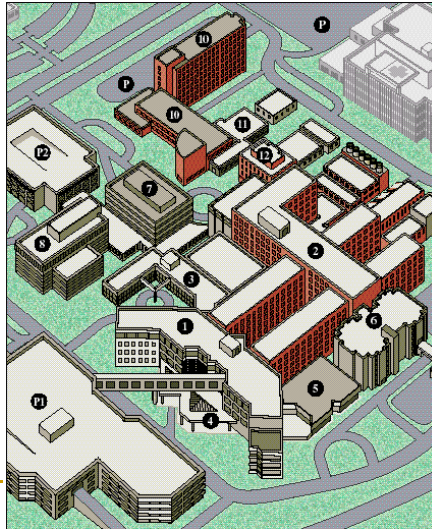
74

CAD - *Computer Aided Design*



75

CAD - *Computer Aided Design*



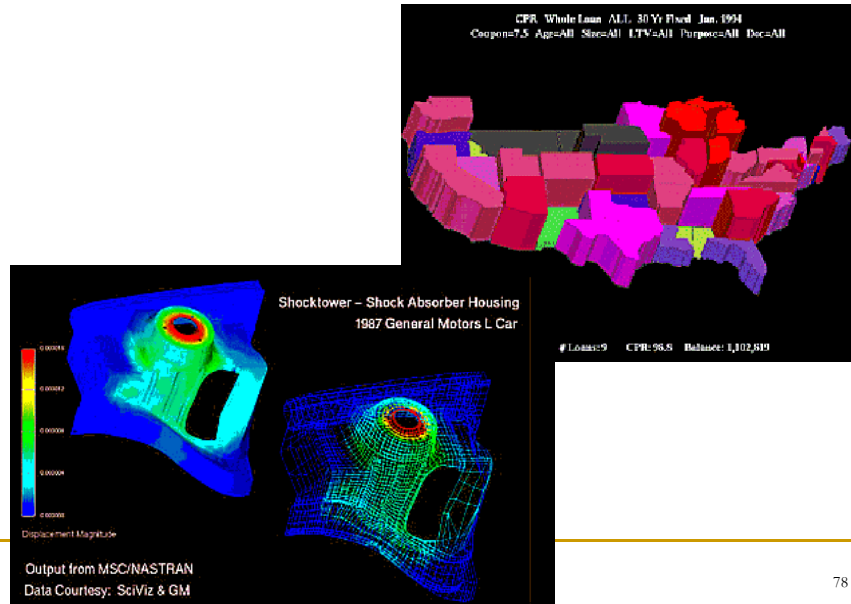
76

Arte por Computador



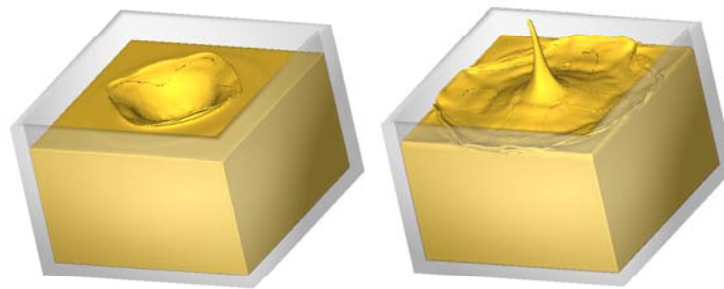
77

Visualização



78

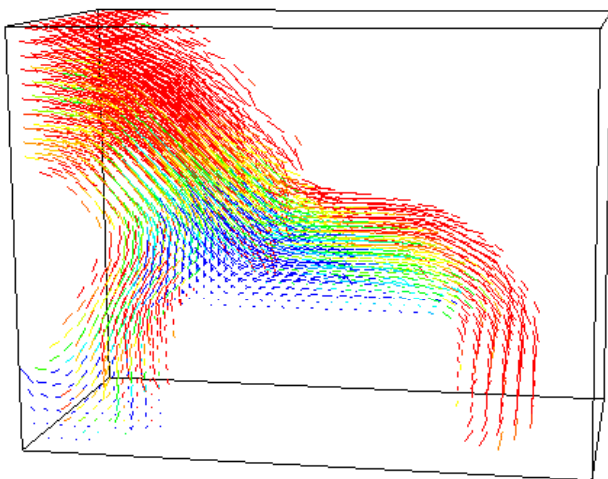
Visualização



Simulação de escoamento de fluidos
A. Castelo et al.

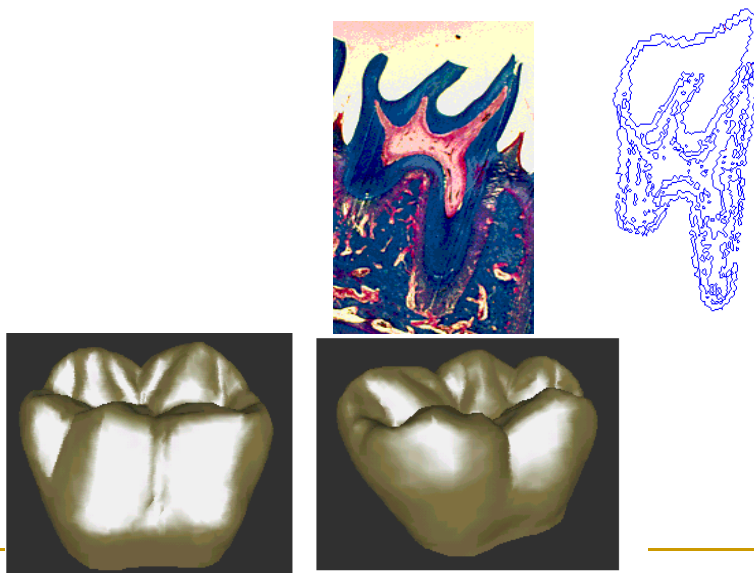
80 80

Visualização

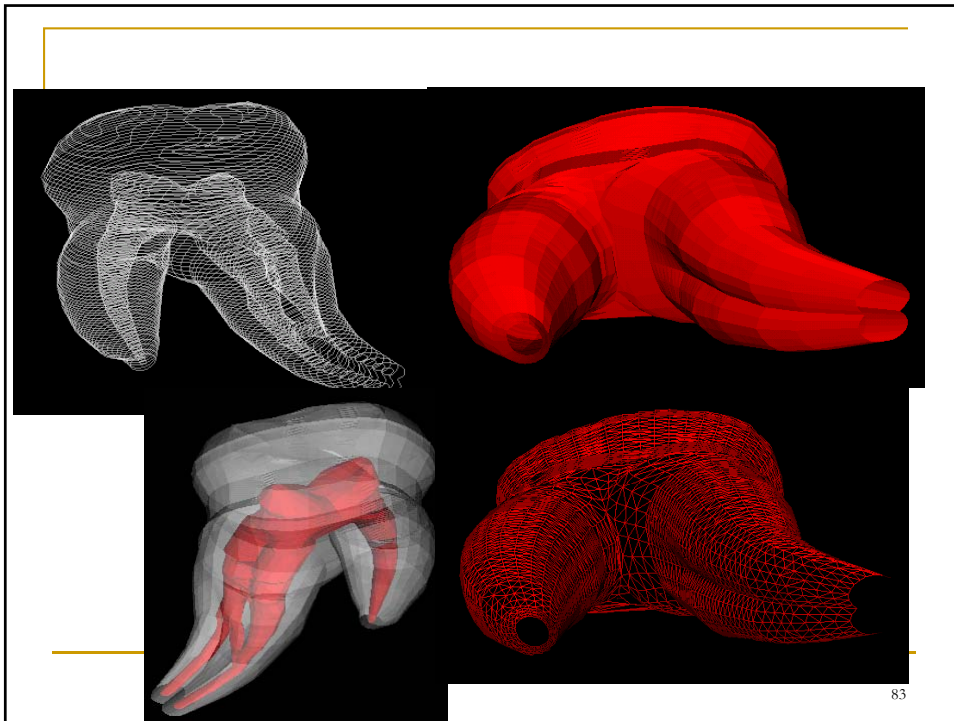


81

Visualização



82



Bibliografia

- Hearn, D. Baker, M. P. Computer Graphics with OpenGL, Prentice Hall, 2004.
- Foley, J. et. al - Introduction to Computer Graphics, Addison-Wesley, 1993.
- Computer Graphics Comes of Age: An Interview with Andries van Dam. CACM, vol. 27, no. 7. 1982
- The RenderMan – And the Oscar Goes to... IEEE Spectrum, vol. 38, no. 4, abril de 2001.
- Apostilas da disciplina Computação Gráfica
- Curso da ACM SIGGRAPH (on line)