



# História da Computação Gráfica



Prof. Maurício A Dias

Evolução Histórica da Computação - SSC0104

# Objetivos

- Surgimento da Computação Gráfica
  - Antecedentes tecnológicos e científicos
- Descrever a evolução histórica da Computação Gráfica
  - Principais marcos da investigação científica
  - Principais aplicações em indústrias e na sociedade
- Definição da situação atual da Computação Gráfica
  - Principais temas de pesquisa
  - Principais aplicações
- Perspectivas sobre o futuro da Computação Gráfica
  - Identificar oportunidades e temas de pesquisa

# Introdução

- Enquadramento da Computação Gráfica
  - A Computação Gráfica (CG) nasce no início dos anos 60
  - Desde cedo evidenciou um potencial imenso, condicionado por
    - Custos iniciais elevados da computação e do hardware
    - Incompreensão dos processos associados à geração de imagem
    - Complexidade inerente a software de sistema e de aplicação
  - Os avanços científicos e tecnológicos ocorreram “em picos”
  - As contribuições prestadas à Computação Gráfica tipificam-se em
    - Pioneiros - I. Sutherland, A. Ray Smith
    - Inovadores - J. Blinn, T. Whitted, L. Carpenter
    - Aplicações - MAGI, Abel & Assoc., LucasFilm, SGI, Pixar, Disney, Sony, NVIDIA

# Histórico

- Algumas das fundações que merecem destaque:
  - Euclides [300-250AC] - fez uma formulação inicial da geometria
  - Brunelleschi [Séc. XV] - arquiteto e escultor que usou de forma criativa a noção de perspectiva visual
  - Descartes [Séc. XVII] - matemático e filósofo que formulou a geometria analítica e os sistemas de coordenadas 2D e 3D
  - Sylvester [Séc. XIX] - matemático que inventou as matrizes e a notação matricial, uma das ferramentas mais comuns da Computação Gráfica
- Em 1885 iniciou-se o desenvolvimento da tecnologia do tubo de raios catódicos, ainda vista em monitores de computadores e televisões
- Em 1926 Baird constrói a primeira televisão

# Histórico

- Em 1927 a indústria do cinema define os seus padrões, entre os quais está a taxa de 24 imagens/segundo
- Em 1930 P. e W. Mauchly constroem o primeiro computador ENIAC
- Em 1938 Valensi propõe um sistema de televisão a cores
- Aspectos de Mudança
  - No fim dos anos 30, o cinema sonoro consolidava a sua presença e a resposta da sociedade era entusiástica
  - A televisão dava os primeiros passos e prometia revolucionar
  - Começavam a surgir mais computadores para fins especializados

# Histórico

- Anos 40 e 50
  - Dois projectos militares norte-americanos incluem elementos básicos de Computação Gráfica:
  - Whirlwind - construção de um simulador de voo
  - SAGE - sistema de defesa aéreo contra ataques nucleares



Projecto *Whirlwind*



Projecto *SAGE*

# Histórico

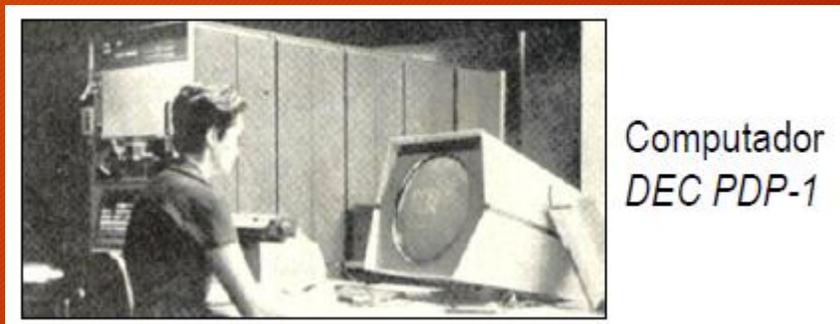
- Em 1941 iniciam-se as emissões regulares de TV nos EUA
- Em 1947 os Bell Labs inventam o transístor
- Em 1950 Wiener publica o livro “Cybernetics and Society”, no qual se especulava sobre os efeitos dos computadores na sociedade
- Em 1950 Laposky cria as primeiras obras de arte com raiz tecnológica, usando para esse efeito um osciloscópio
- Em 1956 no MIT constrói-se o primeiro computador totalmente transistorizado
- Em 1957 é fundada a empresa de computadores Digital Equipment Corporation (vulgarmente conhecida por DEC)

# Histórico

- Em 1958 no MIT liga-se uma tela com capacidades gráficas ao computador de médio porte TX-1
- Aspectos de Mudança
  - Algumas universidades americanas dispõem de acesso a centros de computação com os computadores mais evoluídos da época
  - Nas universidades e em empresas, alguns privilegiados utilizam o computador para investigar ideias e aplicações emergentes
  - Nessas organizações lançam-se as sementes das atividades de investigação e desenvolvimento que conduziram ao aparecimento da computação Gráfica (assim baptizada por W. Fetter da Boeing)

# Histórico

- Anos 60
  - Os computadores da época possuem alguns kbytes de memória, não existiam sistemas operacionais e nem dispositivos gráficos de saída
  - Em 1960 é lançado o computador comercial DEC PDP-1
  - Em 1961 no MIT é criado o primeiro jogo de computador (Spacewars) para o computador DEC PDP-1
  - Whitney Sr. cria efeitos especiais para o filme Vertigo (Hitchcock)



# Histórico

- Anos 60
  - Em 1963 Sutherland apresenta um sistema de desenho interativo de primitivas gráficas 2D baseado em caneta luminosa
  - Em 1963 Englebart inventa o dispositivo de interação “mouse”
  - Zajac produz nos Bell Labs o primeiro filme gerado por computador (imagens formadas de linhas e texto)



# Histórico

- Em 1963 surge o primeiro sistema comercial de CAD (DAC-1)
- Em 1966 é lançada no mercado a consola caseira de jogos Odyssey
- É criada a empresa MAGI, pioneira na produção computacional de animação e efeitos especiais
- Em 1967 Rougelet cria um simulador interactivo de voo (NASA)



Sistema comercial de CAD DAC-1 da General Motors



# Histórico

- Em 1968 é fundada a empresa INTEL
- Aparecem várias empresas da área da Computação Gráfica, com destaque para a Evans & Sutherland (estações gráficas de trabalho)
- Em 1969 Bushnell lança comercialmente a plataforma de vídeo jogos Computer Space (a precursora das máquinas de arcada modernas)
- A empresa MAGI produz, para a IBM, o primeiro anúncio comercial baseado em técnicas de Computação Gráfica
- É criado o grupo de interesse SIGGRAPH no âmbito do ACM
- Nasce a rede ARPANET



# Histórico

- Em 1963 Coons inventa a teoria de representação de superfícies curvas através de partes, baseados em aproximações polinomiais
- Em 1965 Roberts cria um algoritmo de remoção de partes invisíveis de segmentos de reta e introduz a noção de coordenadas homogêneas na representação geométrica de objetos
- Bresenham desenvolve algoritmos eficientes para o desenho de primitivas geométricas 2D
- A Universidade do Utah cria o departamento de Ciências da Computação, no qual a Computação Gráfica assumirá papel de destaque na investigação científica

# Histórico

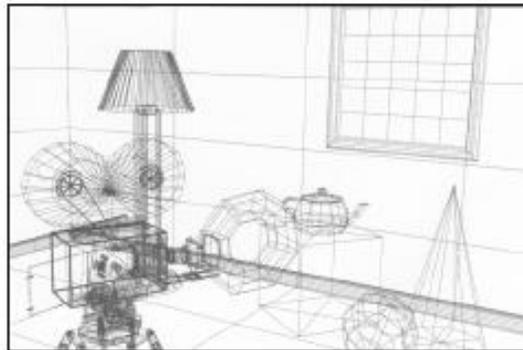
- Em 1967 Apple cria algoritmos de cálculo de visibilidade, sombras e visualização 3D, e um ano depois inventa um método de cálculo de visibilidade precursor do método de traçagem de raios
- Em 1968 a Univ. do Utah convida D. Evans a formar uma secção de Computação Gráfica no departamento de Ciências da Computação
- Sutherland apresenta um novo dispositivo de visualização
- Em 1969 nos Bell Labs constrói-se a primeira matriz de pixels (cada pixel representado por 3 bits)
- A. Kay desenvolve, na Xerox PARC, a primeira interface gráfica com o usuário

# Histórico

- A década de 60 registou grande atividade na investigação fundamental da Computação Gráfica (algoritmos, métodos e técnicas)
- Surgiram as primeiras manifestações de arte computacional (Estutgard e Nova Iorque em 1965, Londres em 1968, etc)
- A investigação centra-se em grupos sediados em universidades americanas e surge uma massa crítica de investigadores
- A Computação Gráfica 2D desenvolve-se muito rapidamente e aparecem algoritmos fundamentais eficientes
- A Computação Gráfica 3D ainda é muito incipiente e não existem algoritmos de visualização satisfatórios

# Histórico

- Progressos dos anos 60



Visualização "malha de arame"



Cálculo de linhas visíveis



Iluminação ambiente



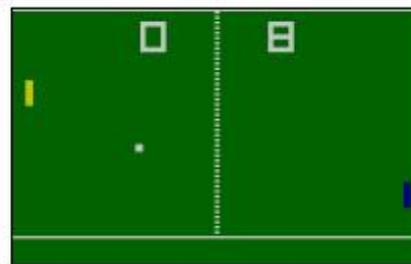
Iluminação difusa

# Histórico

- Anos 70
  - O computador mais avançado da época (IBM 360) possui 64 kbytes de memória, uma tela vectorial e uma caneta luminosa
  - Em 1971 surge a empresa de efeitos especiais Abel & Associates
  - Em 1972 A. Kay, na Xerox PARC, produz o computador gráfico Alto
  - Catmull produz curtas animações por via computadorizada
  - Bushnell funda a empresa ATARI e lança o vídeo jogo Pong



Computador Alto



Vídeo jogo Pong

# Histórico

- Em 1973 Metcalf desenvolve a tecnologia Ethernet
- É exibido o filme comercial Westworld, que continha gráficos 2D produzidos por computador
- É editado o primeiro livro que aborda detalhadamente os algoritmos e métodos da Computação Gráfica (autores Newman e Sproull)
- Em 1974 Shoup e Ray Smith criam o programa de desenho Superpaint (inspirador dos programas modernos de desenho)
- Kahn e Cerf definem o protocolo TCP
- O filme comercial Futureworld (na sequência de Westworld) contém imagens 3D simples geradas por computador

# Histórico

- Em 1970 Bézier desenvolve novas formas de representação de superfícies 3D generalizadas (para a indústria automóvel)
- Gouraud inventa um método de coloração de faces 3D
- Em 1972 Shoup cria, na Xerox PARC, a primeira matriz de pixels com 8 bits/pixel
- Newell, Newell e Sancha inventam algoritmos de cálculo de visibilidade de superfícies 3D baseados em técnicas de ordenação
- Em 1973 realiza-se a primeira conferência SIGGRAPH
- Em 1974 Catmull desenvolve um método eficiente de cálculo de visibilidade e coloração de faces 3D (designado z-buffer)

# Histórico

- Em 1975 Phong inventa um método de coloração de faces 3D capaz de reproduzir efeitos direcionais de iluminação (reflexões simples)
- Mandelbrot formaliza a teoria dos fractais
- Newell define um objeto geométrico (bule de chá de Utah), muito usado em testes e que viria a tornar-se mundialmente famoso
- Em 1976 Catmull cria um programa para geração de imagens intermédias em animação (tweening)
- Blinn inventa diversos métodos de mapeamento de texturas



Bule de chá de *Utah*



Texturas

# Histórico

- Em 1977 surge o primeiro standard gráfico de programação (puramente 2D), designado GKS (Graphical Kernel System - ANSI)
- Aspectos de Mudança
  - Obtiveram-se progressos na visualização 3D, o que permitiu a criação de curtas animações para fins didáticos e publicitários
  - A indústria cinematográfica começou a olhar com interesse para os praticantes da Computação Gráfica e promoveu a caça aos talentos
  - As plataformas DEC VAX e Apple I e II alargaram imenso o grupo de investigadores e programadores em Computação Gráfica
  - O hardware gráfico limitado prometia novos desenvolvimentos

# Histórico



Coloração *Gouraud* difusa



Coloração *Gouraud* especular



Coloração *Phong*



Superf. curvas e col. *Phong*

# Histórico

- Anos 80
  - É a década do computador pessoal (IBM PC e Apple Macintosh, incorporando um dispositivo rato e matrizes de pixels com telas onde a fonte varre os pixels (desaparecem a caneta luminosa e a tela vectorial)
  - A tecnologia Ethernet para ligação em rede local difunde-se
  - Em 1980 Carpenter mostra no SIGGRAPH animações 3D realistas com paisagens verosímeis geradas por métodos fractais
  - A Disney usa técnicas de CG na produção do filme Tron (as animações foram criadas pelas empresas MAGI, Abel & Assoc., etc)

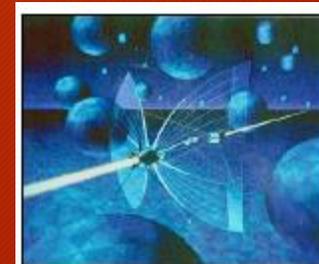


Imagem do  
filme *Tron*

# Histórico

- Em 1981 a LucasFilm cria uma aplicação de síntese foto realista de imagem para fins de produção comercial de animações
- Em 1982 são fundadas as empresas SGI e Adobe
- A Autodesk lança uma aplicação de CAD designada AutoCAD
- O filme comercial The Last Starfighter inclui imagens 3D
- Em 1983 a Industrial Light & Magic (ILM) cria os efeitos especiais 3D do filme Star Trek III - The Wrath of Khan



# Histórico

- Em 1984 a Abel & Assoc. cria um anúncio comercial por computador
- A LucasFilm cria um novo programa de síntese foto realista de imagem baseado no método de traçagem de raios (REYES)
- Em 1986 S. Jobs compra a Pixar à empresa LucasFilm
- A INTEL e a Texas Inst. desenvolvem processadores gráficos
- Em 1988 a Pixar tem o filme Luxo Jr. nomeado para um Óscar e recebe a patente do programa de síntese de imagem RENDERMAN



Anúncio comercial



Imagens criadas pelo REYES



# Histórico

- Animação Luxo Jr. produzida pela Pixar
- Em 1988 a Pixar recebe um Óscar pelo filme animado Tin Toy
- Em 1989 a ILM cria o personagem de “água” do filme The Abyss
- Em 1980 Whitted inventa o método de ray-tracing
- - Em 1984 Greenberg desenvolve um novo método de síntese foto realista de imagem baseado em teorias de transporte



Filme *The Abyss*

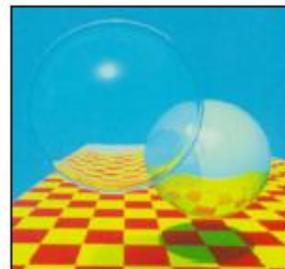


Imagem de traçagem de raios

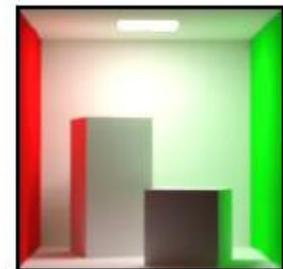


Imagem de radiosidade

# Histórico

- Em 1984 Porter e Duff inventam algoritmos sofisticados de composição criativa de imagens 2D (aplicáveis ao cinema)
- Em 1986 Kajiyama descreve a equação matemática que governa os fenômenos de transporte da luz, na base da iluminação global
- Progressos Obtidos nos Anos 80
  - O hardware gráfico evolui consideravelmente (algoritmos em hardware)
  - O método de ray tracing transforma-se em promessa adiada
  - A equação de Kajiyama finalmente formaliza a síntese foto e fisicamente realista de imagem 3D e aponta novos caminhos

# Histórico



Modelos de iluminação



Mapeamento de texturas



Iluminação através de texturas



Reflexões através de texturas

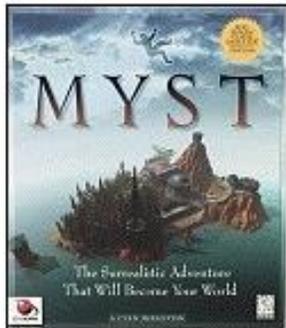
# Histórico

- Anos 90
  - A plataforma dos inícios de 90 era a estação gráfica de trabalho SGI com 16 Mbytes de memória, matriz de pixels com 24 bits/pixel, suporte hardware para coloração Gouraud e visibilidade z-buffer (os computadores IBM PC ainda não possuíam hardware gráfico)
  - Em 1991 Berners-Lee cria no CERN a World Wide Web
  - O filme Terminator 2 (ILM) inclui um personage computadorizado
  - Em 1993 é produzido o filme Jurassic Park (ILM e S. Spielberg) e um ano depois recebe um Óscar de Efeitos Especiais



# Histórico

- Em 1993 a empresa Cyan lança o jogo 3D de personagem Myst, que em 1988 se transforma no jogo mais vendido
- Em 1995 a Pixar produz o filme animado comercial Toy Story
- A Sony lança o console de jogos Playstation
- Em 1998 a Pixar produz o filme A Bug's Life e em 1999 Toy Story 2



Jogo *Myst*



Filme *Toy Story*



Filme *A Bug's Life*



*Toy Story 2*

# Histórico

- O ACM reforça o reconhecimento público das contribuições científicas dos investigadores da Computação Gráfica através de prémios anuais de mérito (Achievement Awards do SIGGRAPH)
- Em 1992 surge o standard gráfico de programação OpenGL (SGI)
- A Univ. do Illinois desenvolve tecnologia de realidade virtual (CAVE)
- A partir de 1993 a Pixar recebe prémios sucessivos da Academia
- Em 1995 M. Pesce introduz o conceito VRML (standard ISO 1997)
- Em 1997 a Univ. de Chapell Hill cria um novo sistema computacional paralelo para produção interactiva de imagens em cenas complexas
- Em 1997 a empresa NVIDIA começa a contratar investigadores para produzir hardware gráfico 3D para computadores pessoais IBM PC

# Histórico

- A partir de 1993 G. Ward desenvolve o programa de síntese fisicamente realista de imagem RADIANCE, que se torna uma referência de facto em arquitetura e luminotécnica



Imagens fisicamente realistas produzidas pelo programa *RADIANCE*  
Estudos de iluminação diurno e nocturno

# Histórico

- 1991 foi o ano de mudança da indústria de cinema em relação à Computação Gráfica e pouco depois essa participação estendia-se às indústrias do vídeo, da televisão e do lazer/entretenimento
- As empresas Pixar e ILM emergem como grandes líderes desta área
- Os jogos 3D Myst, Doom, Quake e Riven ilustram convincentemente muitos avanços científicos e tecnológicos da Computação Gráfica
- Surgem empresas dedicadas à fabricação de hardware gráfico 3D para computadores pessoais IBM PC e Apple (ATI, 3dfx, NVIDIA, etc)
- Os consoles de jogos evoluem rapidamente e transformam-se em computadores especializados em jogos (Playstation e Nintendo64)

# Histórico

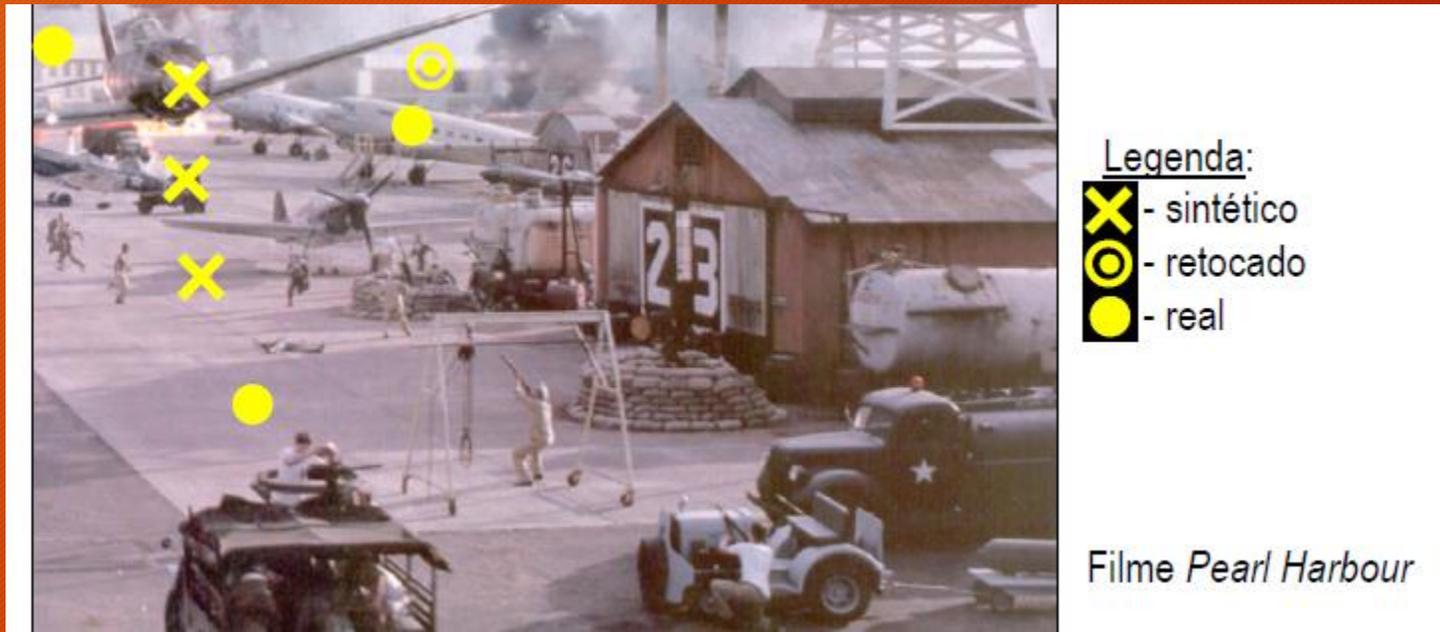
- A investigação científica dispersou-se por muitos subdomínios especializados, sendo consenso geral que as grandes ideias já teriam sido quase todas inventadas (Blinn - SIGGRAPH 98)
- Apareceram arquiteturas paralelas para produção de imagem e animação computadorizada (a Pixar foi pioneira nesta área)
- Deu-se uma enorme disseminação da actividade científica devido a WWW e ao Email (destaque para sites de universidades americanas)
- A pesquisa e desenvolvimento em Computação Gráfica migra para os computadores pessoais IBM PC (Windows e Linux), o que facilita consideravelmente a sua disseminação mundial e a põe ao alcance de qualquer pessoa

# Histórico

- Anos 2000 e 2001
  - A plataforma mais comum para atividades em Computação Gráfica é o computador pessoal IBM PC com 512 Mbytes de memória, suporte hardware de coloração Phong, visibilidade z-buffer, mapeamento de texturas em tempo real e ecrã de elevada resolução
  - Em 2000 são lançadas no mercado os consoles de jogos Sega Dreamcast e Sony Playstation 2 (poderosos computadores gráficos)
  - A Disney exhibe o filme animado por computador Dinosaur e a Sony o filme Hollow Man (outras empresas avançam para a produção CG)

# Histórico

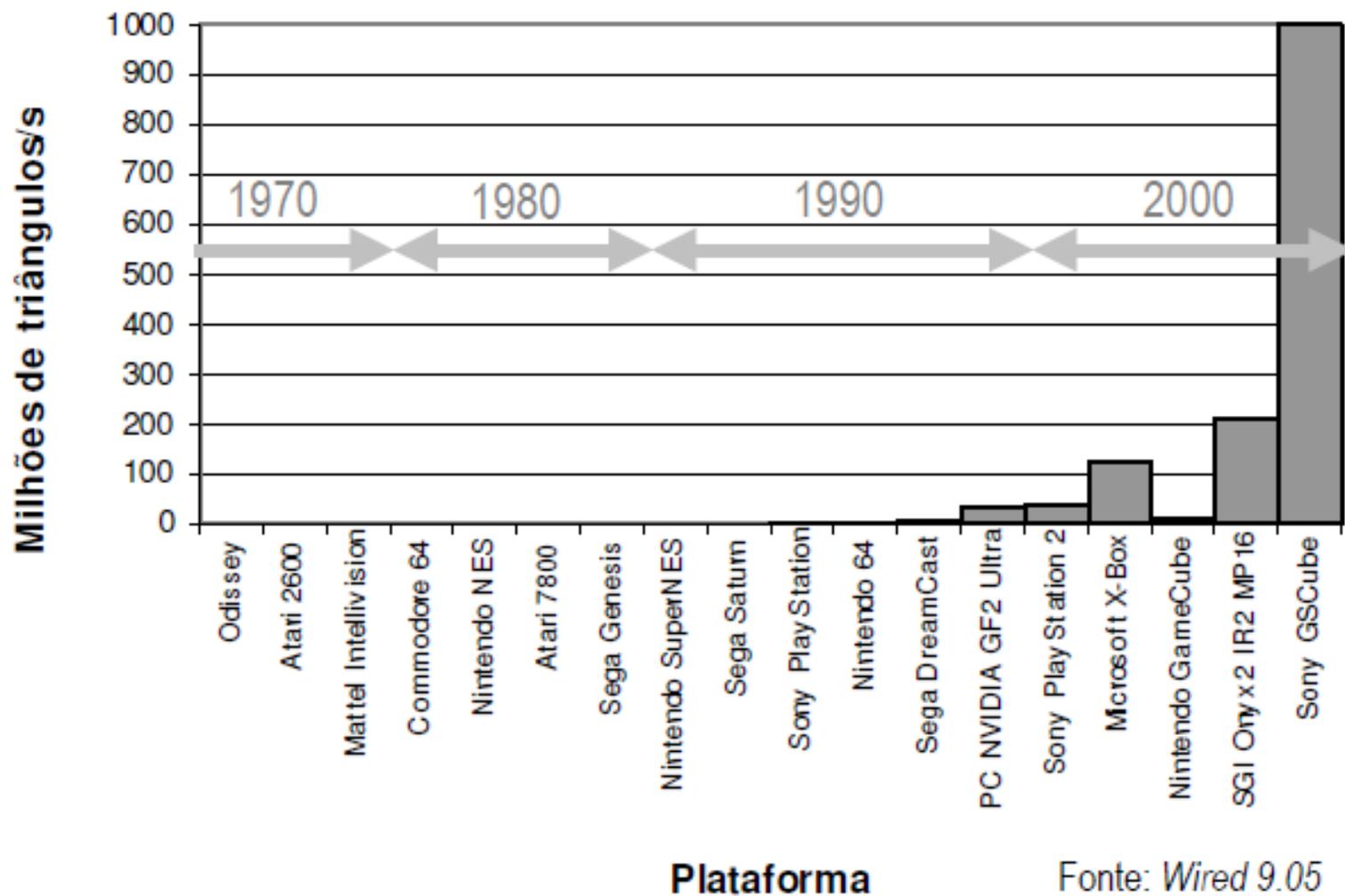
- Em 2001 exibe-se o filme Shrek (DreamWorks), que recorre a novos métodos de síntese e animação de personagens “naturais”
- Em 2001 exibe-se o filme Pearl Harbour (Disney), repleto de efeitos especiais ultra realistas em sequências de combate aéreo e naval



# Histórico

- Em 1999 - Gforce 256 pela Nvidia
- Em 2000 as vendas de bilhetes do cinema americano atingiram os 1725 milhões de contos e as vendas de vídeo jogos os 1472 milhões
- Segundo a IDSA, 60% dos americanos com mais de 6 anos jogam vídeo jogos e esta indústria cresce a um ritmo 3 vezes superior aos das indústrias do cinema e do hardware
- Desde 1998 que se tem assistido a um desenvolvimento tecnológico impressionante nas plataformas computacionais orientadas à CG, o que se traduz por cada vez mais sofisticados processadores gráficos com desempenhos muito acima dos processadores de uso geral
- O potencial dos vídeo jogos está a levar à entrada de novas empresas nesta área e ao reposicionamento das existentes

# Histórico



# Histórico



3 MT/segundo  
16 Mbytes RAM



38 MT/segundo  
32 Mbytes RAM



12 MT/segundo  
43 Mbytes RAM



100 MT/segundo  
64 Mbytes RAM



210 MT/segundo  
1Gbyte RAM



1000 MT/segundo  
256 Mbytes RAM

# Histórico

- 2001 - Xbox da Microsoft
- 2002 - Xbox LIVE - Jogos online
- A guerra entre a ATI e a NVIDIA começa
- Biblioteca OpenGL - aberta, programação em C/C++, suportada por placas gráficas
- DirectX - Microsoft + Nvidia, concorrente do OpenGL. Melhor usabilidade

# GPU Architecture Progression

Test Drive 6



Far Cry



1999

Multi-texture,  
32b rendering

2001

Programmable vertex,  
3D textures, shadow  
maps, multisampling

2003

Fragment programs,  
Color and depth  
compression

2005

Transparency  
antialiasing

2007

Double Precision

1998

16-bit depth,  
Color, and  
textures

2000

T&L, cube maps,  
Texture compression,  
Anisotropic filtering

2002

Early z-cull,  
Dual-monitor

2004

Flow control,  
FP textures,  
VTF

2006

Unified shader,  
geometry shader,  
CUDA/C

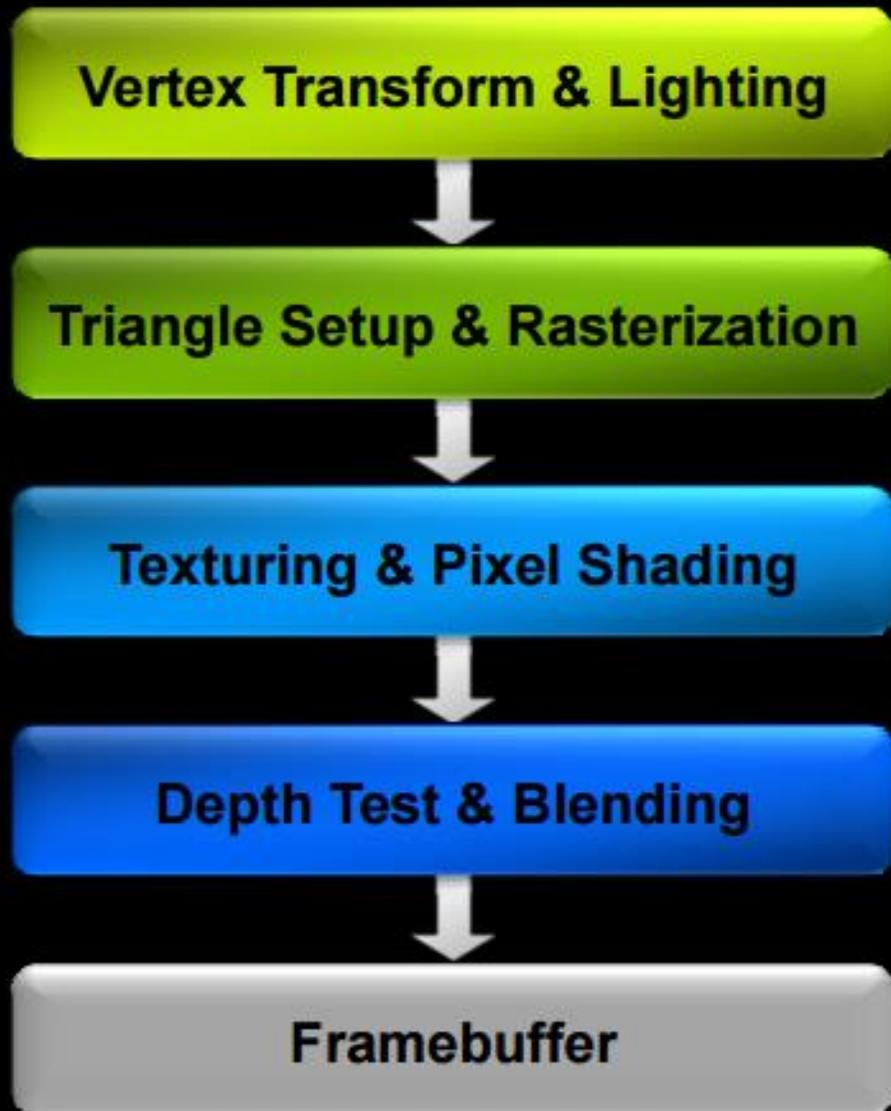


Ballistics



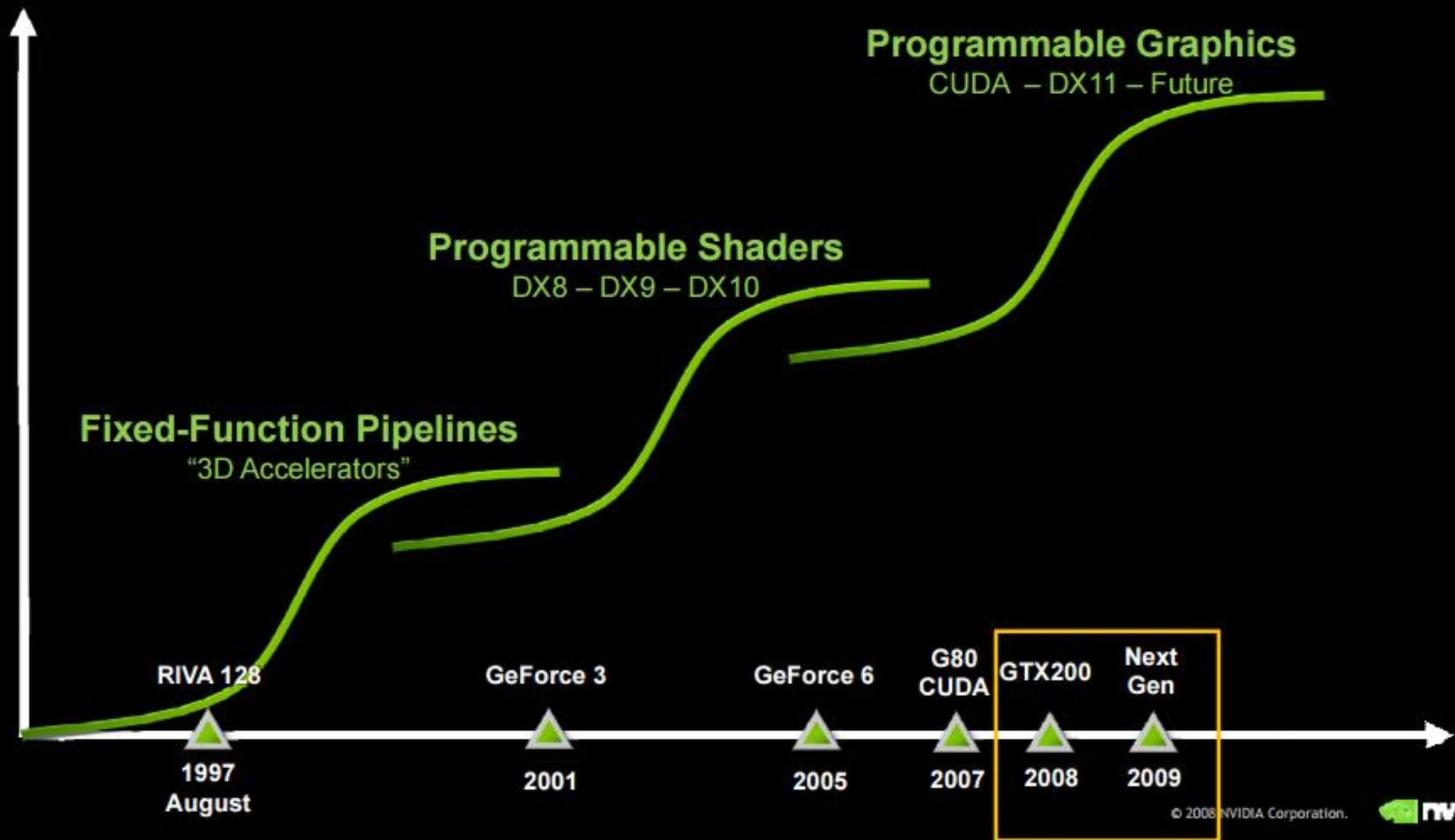
Crysis

# The Graphics Pipeline



- Key abstraction of real-time graphics
- Hardware used to look like this
- Distinct chips/boards/units per stage
- Fixed data flow through pipeline

# Era of Visual Computing



# Histórico

- Cenário Atual
  - 3D pipelines - execução paralela, otimizada e programável (o programador escolhe a ordem de execução das camadas)
  - Computação Heterogênea - GPGPU - processamento paralelo massivo

# Referências

- 2002 - Costa, A. C. História da Computação Gráfica. Implementation at ISEP Engineering School / P.Porto. Disponível no Research Gate
- <http://www.computerhistory.org/timeline/graphics-games/>
- [http://www.nvidia.com/content/nvision2008/tech\\_presentations/Technology\\_Keynotes/NVISION08-Tech\\_Keynote-GPU.pdf](http://www.nvidia.com/content/nvision2008/tech_presentations/Technology_Keynotes/NVISION08-Tech_Keynote-GPU.pdf)