



# COMPUTAÇÃO GRÁFICA



LEI / LCC  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDADE DO MINHO

## Computação Gráfica

Produção de gráficos 3D  
Breve visão histórica (OpenGL e 3D na web)



# Produção de Gráficos 3D



# Construção de Modelos 3D

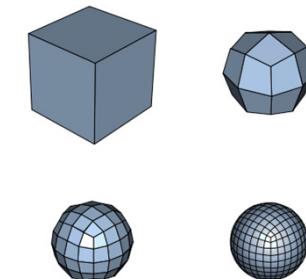
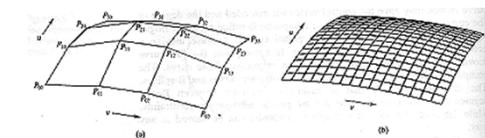
- Modelação

- Processo de construção de um modelo recorrendo a:

- Superfícies definidas analiticamente

- Superfícies Cúbicas (ex: Bezier, NURBS)
    - Subdivisão de Superfícies

- Junção de Polígonos



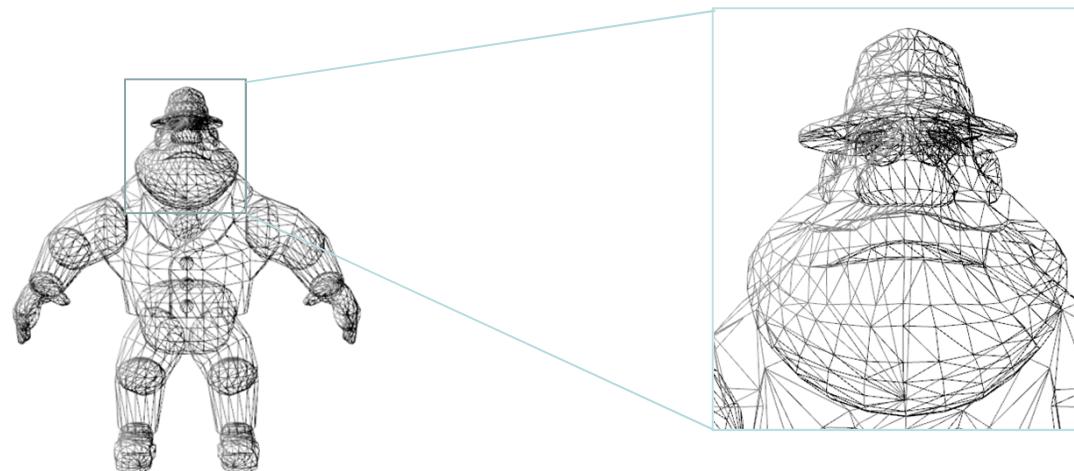
- Mas no fim do dia, quando os dados são enviados para a placa gráfica, tudo é transformado em

Triângulos



# Construção de Modelos 3D

- Triângulos
  - Porquê triângulos?





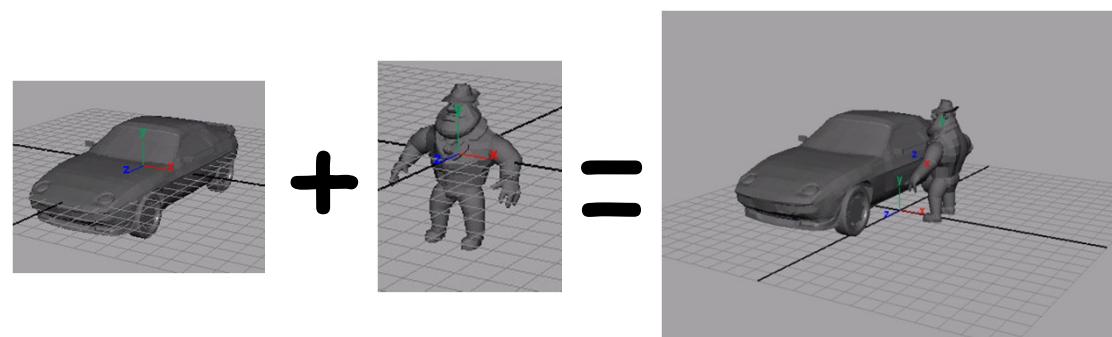
# Construção de Modelos 3D

- Triângulos
  - Propriedades:
    - É o polígono mais simples e tudo pode ser construído à custa de triângulos
      - Logo é suficiente
    - É garantidamente convexo
      - Mais fácil para "pintar"
    - É garantidamente plano
      - Não levanta ambiguidades



# Pipeline Gráfico

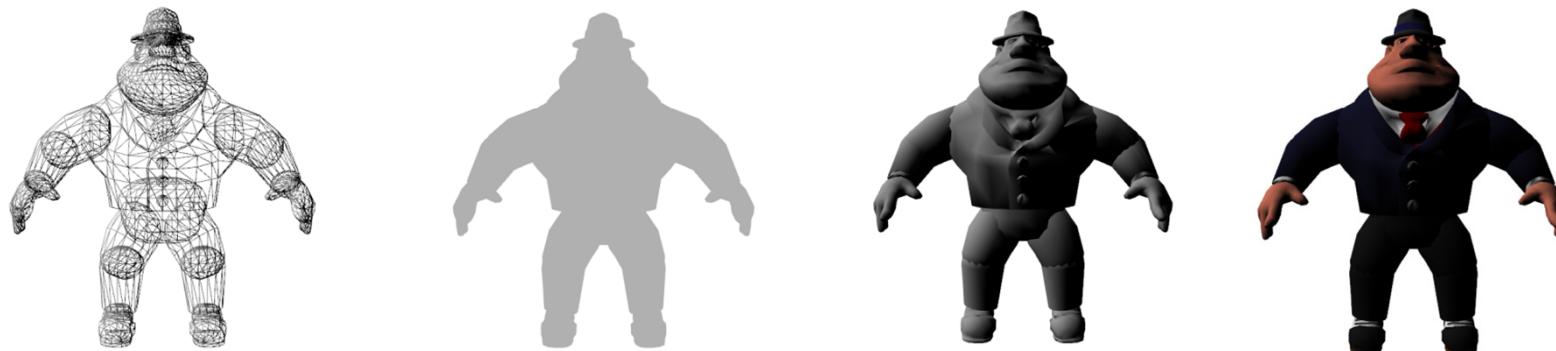
- Do ponto de vista da aplicação
  - Transformações Geométricas dos Vértices
    - Modelos são posicionados para constituir um cenário 3D
    - Câmara é posicionada para fornecer a vista pretendida
    - Projecção 3D → 2D





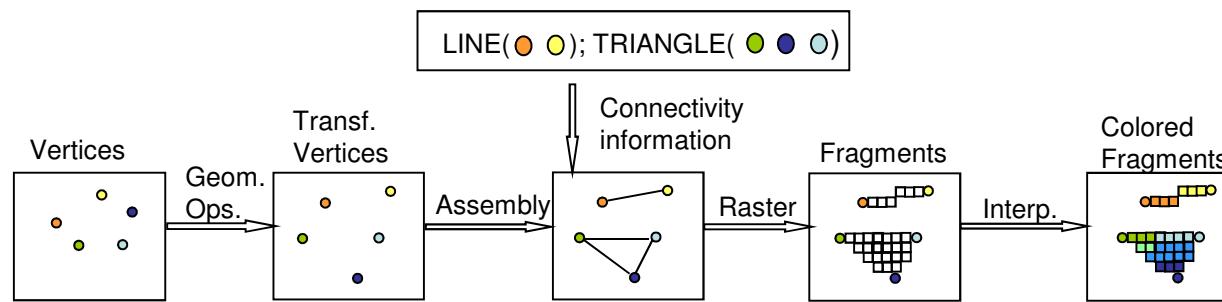
# Pipeline Gráfico

- Do ponto de vista da aplicação
  - Preenchimento da superfície dos triângulos
  - Iluminação e Materiais





# Pipeline Gráfico





# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- Controladores Gráficos da IBM
  - 1981: *CGA* (Color Graphics Array)
    - 640x200
    - 16 cores
  - 1984: *EGA* (Enhanced Graphics Adapter)
    - 640x350
    - 16 cores
  - 1987: *VGA* (Video Graphics Array)
    - 640x480
    - 256 cores



# Evolução do Hardware Gráfico PCs

---

- Controladores Gráficos
  - Não realizavam nenhum trabalho em termos de gráficos 3D
- GPU (*Graphics Processing Unit*)
  - Termo introduzido pela nVidia em 1999 quando o termo VGA já não descrevia correctamente o hardware gráfico.
  - O hardware gráfico começa a ser capaz de realizar computação.



# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- 1ª Geração (pré GPU)
  - até 1998 (nVidia TNT2, ATI Rage)
  - Interpolação: capacidade para calcular os pixels a partir dos vértices de um triângulo e aplicar texturas.



# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- 2<sup>a</sup> Geração - GPU
  - 1999-2000 (GeForce 256, GF 2, Radeon 7500)
  - Transformação de Vértices
  - Cálculo de Iluminação (por vértice)



# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- 3<sup>a</sup> Geração de GPUs
  - 2001 (GeForce 3 e 4, Radeon 8500)
  - Programação ao nível dos vértices (Vertex Shader) e pixels (Pixel Shader)
  - Programação limitada e realizada em linguagem máquina



# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- 4<sup>a</sup> Geração de GPUs
  - 2002-2008 (GeForce FX, ATI Radeon 9700)
  - Melhoria muito significativa ao nível da capacidade de programação.
  - Utilização de linguagens de alto nível:
    - HLSL (Microsoft)
    - Cg (NVIDIA)
    - GLSL (OpenGL)

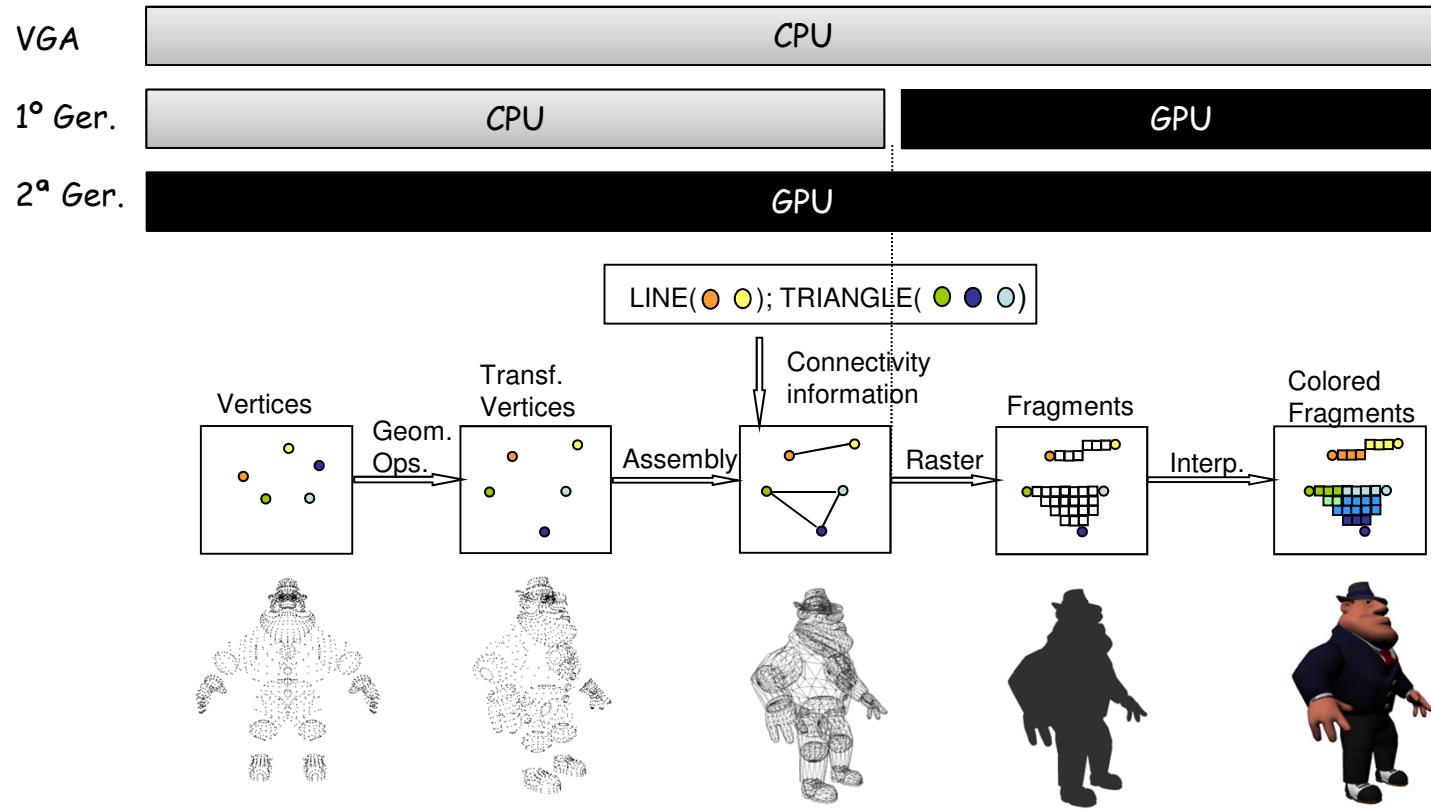


# Evolução do Hardware Gráfico PCs

- 5ª Geração de GPUs
  - 2008-...
  - Arquitectura Unificada
  - Programação ao nível criação de geometria
    - Geometry Shader
    - Tesselation Shader



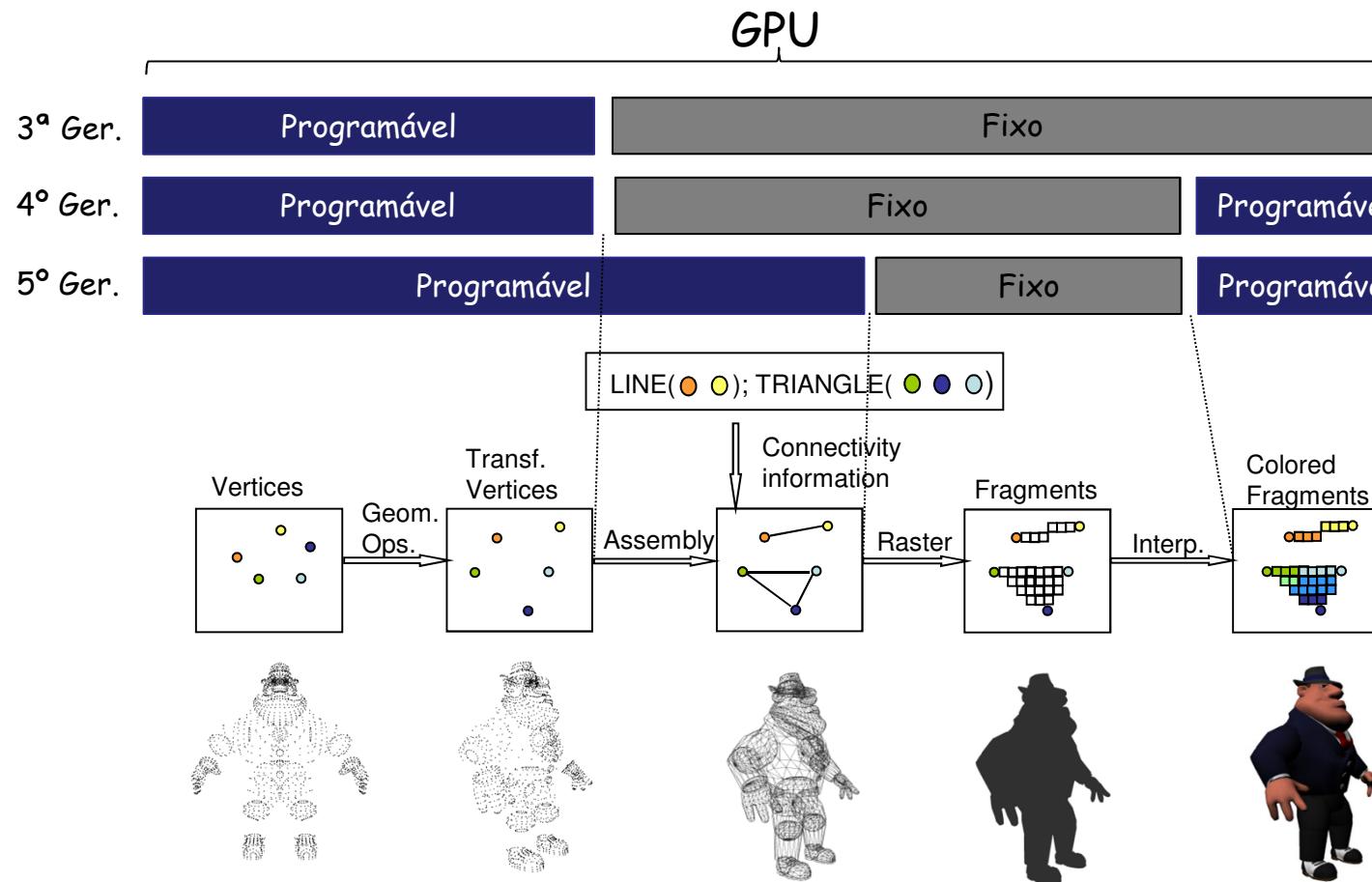
# Pipeline Gráfico



Funcionalidade Fixa



# Pipeline Gráfico



Funcionalidade Programável



---

# Breve História do OpenGL



# Breve História do OpenGL

- Antes...
  - Silicon Graphics e IRIS GL (1990)
    - Líder de mercado
    - Destronou outras APIs como o PHIGS
      - PHIGS continha uma gráfo de cena mas era muito limitada em termos da imagem produzida
      - IRIS GL permitia operações de baixo nível e por consequência com melhor desempenho
      - IRIS GL era um sistema completo com APIs com um sistema de janelas, teclado e rato.



# Breve História do OpenGL

- OpenGL 1.0 ( jan 1992 )
  - Descende de IRIS GL
  - Só contem funções para produções de gráficos 2D e 3D
  - Architectural Review Board
    - Grupo de empresas que controlará o desenvolvimento do OpenGL
- Direct3D (1995)
  - Iniciativa da Microsoft



# Breve História do OpenGL

- Biblioteca para produção de gráficos 2D e 3D
  - Consiste num núcleo de funções estável
  - Novas funcionalidades do hardware -> extensões
  - Uma extensão é um conjunto de funcionalidades, proposto, geralmente, por um fabricante, ou grupo de fabricantes, de hardware
  - As funções disponibilizadas têm o sufixo EXT (grupo de proponentes), ou uma sigla do proponente (ATI, NV).
  - Após alguma maturação o próprio ARB pode adoptar as extensões, caso provem ser uma mais valia, e o sufixo passa a ser ARB.
  - Só após um novo período de maturação é que as funcionalidades integram o núcleo do OpenGL



# Breve História do OpenGL

- OpenGL 1.1 (Jan 1997)
  - Aumenta o suporte para texturas no próprio hardware
- Farenheit (1997)
  - Tentativa da SGI e da Microsoft para unirem as duas APIs (fracassou...)
- OpenGL 1.2 (Mar 1998)
  - Suporte para texturas 3D, e processamento de imagem, entre outras melhorias
- OpenGL 1.2.1 (Out 1998)
  - Uso de múltiplas texturas em simultâneo



# Breve História do OpenGL

- OpenGL 1.3 (Ago 2001)
  - Suporte para texturas CubeMap, e outras adições na aplicação das texturas
- OpenGL 1.4 (Jul 2002)
  - Suporte para geração de sombras em hardware, e amostragem com múltiplas resoluções (mipmapping)
- OpenGL 1.5 (Jul 2003)
  - Permitia armazenar os vértices na memória da placa, aumentando drasticamente o desempenho



# Breve História do OpenGL

- OpenGL 2.0 (Set 2004)
  - Introdução do GLSL (OpenGL Shading Language)
  - Permitia a programação de Vertex e Pixel Shaders
  - Geração de múltiplos "render targets"
- OpenGL 2.1 (Jul 2006)
  - Alguma funcionalidade extra
  - Revisão do GLSL
- OpenGL 3.0 (Jul 2008) 3.1 (Mai 2009) 3.2 (Ago 2009)
  - Suporte para Geometry Shader, através de extensões (3.0) e no núcleo (3.2)
  - Melhorias a nível de desempenho e flexibilidade nas funcionalidades mais avançadas
  - Revisões do GLSL



# 3D na Internet



# Introdução - 3D na Internet

- Nasce em 1995 com o apoio de grandes empresas da área da computação gráfica.
- Nos primeiros anos de vida verifica-se uma grande euforia à volta desta tecnologia.
- Na Internet proliferam sítios com conteúdos tridimensionais.



# Introdução - 3D na Internet

- No entanto o 3D tem hoje um impacto praticamente nulo na Internet.
- Esta tendência é contrária à verificada nos jogos, televisão e cinema.
- Porquê?



# Índice - 3D na Internet

- *Introdução*
- *O ponto de vista do software*
- *Evolução do hardware e comunicações*
- *Conteúdos - o que são e o que devem ser*
- *Casos de estudo*
- *Conclusões*



# Software

---

- Nasce em 1995 com o VRML: Virtual Reality Markup Language
- Formato de ficheiro textual que permite especificar gráficos tridimensionais para ser visionado na WWW.
- É necessário um plugin para o browser WWW.



# Software

---

- Empresa emblemática da área da computação gráfica, Silicon Graphics, é responsável pelos primeiros plugins.
- No entanto, esta versão do VRML não permite interacção (para além da navegação) nem animação.



# Software

- Em 1997 surge a segunda versão do VRML, baptizada de VRML97.
- Esta versão apresenta melhorias substanciais relativamente à primeira versão.
- acrónimo muda para Virtual Reality Modeling Language.



# Software

---

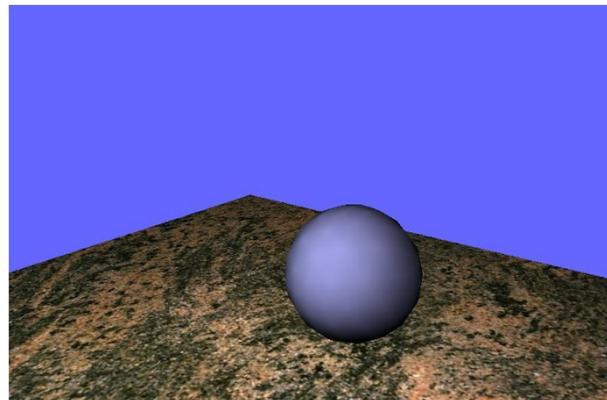
- Algumas características do VRML:

- Modelação Hierárquica
- Níveis de Detalhe
- Colisões
- Ancoras WWW (links)
- Interacção
- Animação
- Programação

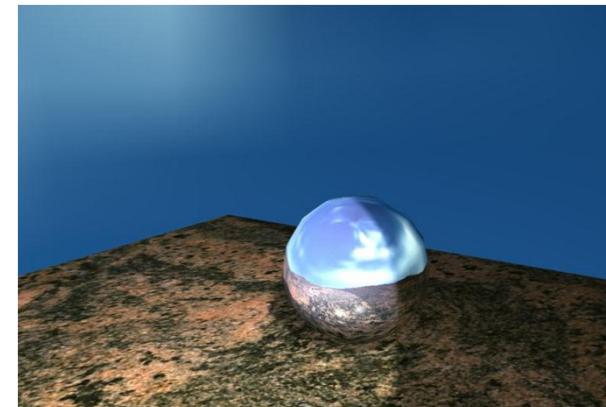


# Software

- Qualidade da síntese de imagem:



VRML



3D Studio



# Software

- Surgem inúmeros sítios WWW com conteúdos em VRML.
- Mais de uma dezena de empresas fornece visualizadores (plugins).
- Mas ...



# Software

---

- A especificação do VRML é extensa ...
- ... por conseguinte o software (plugin) para visualizar correctamente todas as características é complexo.



# Software

---

- Por consequência, os plugins não implementavam toda a especificação.
- Cada plugin implementava em regra um conjunto particular de características do VRML e por vezes com interpretações diferentes.
- Logo, era provável que os conteúdos não fossem visualizados correctamente.



# Software

- Cada empresa que produzia plugins adicionava as suas próprias características ao VRML.
- Cada browser impunha a sua arquitectura aos fabricantes de plugins.
- Logo cada combinação browser/plugin produzia resultados potencialmente distintos.



# Software

- WWW encontra-se numa fase de "grande" expansão nesta altura.
- Vicent Cerf, um dos criadores da Internet, mostrava preocupação com a taxa de crescimento.
- Browsers (Netscape e Internet Explorer) lutavam pela supremacia.



# Software

- Da parte dos utilizadores verificava-se que cada vez era mais difícil ter a combinação browser/plugin correcta para visualizar determinados conteúdos.
- Era necessário instalar constantemente novos plugins para visualizar VRML.



# Software

- O VRML, e por consequência o 3D na Internet, apresenta então uma descida rápida em termos de popularidade.
- Passou-se da euforia à desilusão.



# Software

- Não existia um modelo de negócio para sustentar as empresas que produziam software de visualização (plugin).
- Por consequência muitas empresas diversificaram a sua área de actuação e o 3D passou para segundo plano.



# Software

- 2000: Web3D
  - Consórcio que assume a responsabilidade de padronizar de novo o VRML
  - As empresas que forneciam plugins integram este consórcio, juntamente com alguns gigantes.



# Software

---

- A reputação do VRML era de tal forma negativa que o consórcio abandona o nome.
- Tony Parisi, um dos criadores do VRML:
  - "Go talk to a venture capitalist about VRML and you'll see why a name change was a good thing"



# Software

- Consórcio cria então uma nova especificação:
  - Extensible 3D (X3D)
- Devido aos interesses diversificados dos participantes no consórcio, e também ao seu número elevado, torna-se difícil manter o espírito do original.



# Software

- Mas o consórcio demorou muito tempo e produziu uma especificação que não agradou aos criadores de conteúdos.
- Resultado: X3D não alcança até hoje a popularidade do VRML



# Software

---

- Google, um dos "barómetros" da WWW:
  - referência X3D: menos de 400.000 (2006), perto de 900 mil (2011)
  - referências VRML: mais de 1.700.000 (2006), perto de 5.400 milhões (2011)



# Software

- 2001: A esperança renasce com o envolvimento da Macromedia e Intel:
  - Shockwave 3D
- Uma proposta bem conseguida com o apoio das empresas da área.



# Software

- O envolvimento da Macromedia garante logo à partida que o problema dos plugins estava resolvido.
- O envolvimento da Intel implicava que os fabricantes de hardware iriam (tentar) fornecer o desempenho necessário.
- Mas...



# Software

- Mais um vez o Google:
  - referências Shockwave3D: pouco mais de 230.000
  - referências VRML: mais de 5.400.000



# Software

- O que falhou com o Shockwave3D?
  - Desentendimentos entre Macromedia e Intel?
  - Não era um padrão aberto?
  - Depressão da bolsa?



# Software

- Ligação entre os diversos média
  - A maior parte das soluções não permitia de forma estável a ligação entre os conteúdos 3D e os conteúdos de texto.



# Software

- Conclusão:
  - Soluções parcialmente incompatíveis;
  - Problemas de comunicação entre conteúdos de tipos diferentes;
  - Falta de padrão aberto;
  - Demasiada euforia inicial;
  - Crise na bolsa?



# Índice - 3D na Internet

- Introdução
- O ponto de vista do software
- Evolução do hardware e comunicações
- Conteúdos - o que são e o que devem ser
- Casos de estudo
- Conclusões



# Hardware e Comunicações

- Dois factores que contribuíram decisivamente para o declínio da síntese e simulação na WWW.
- Gráficos tridimensionais precisam de muito desempenho e de muita largura de banda.



# Hardware e Comunicações

- Desempenho e Largura de Banda



VRML



3D Studio

|                      | Implicações              | VRML | 3D Studio |
|----------------------|--------------------------|------|-----------|
| Dimensão do ficheiro | Tempo de <i>download</i> | 1k   | 23k       |
| Número de Polígonos  | Desempenho gráfico       | 49   | 672       |



# Hardware e Comunicações

- Desempenho:

|               | 1996        | 2005       |
|---------------|-------------|------------|
| Processador   | 100-133 MHz | 3.4 GHz    |
| Memória       | 8 MB        | 1 GB       |
| Placa Gráfica | Riva        | GeForce6   |
| Disco Rígido  | 850 MB      | 120 GB     |
| Preço         | 200.000\$00 | 1000 euros |



# Hardware e Comunicações

- Desempenho:

- Toy Story (1995)

- 4 horas por frame (max 20 horas)
    - 117 super-computadores - 300 processadores
    - só com um processador seriam necessários 43 anos para produzir o filme!





# Hardware e Comunicações

- Desempenho:
  - Final Fantasy (2001)
    - 1.5 horas por frame





# Hardware e Comunicações

- Desempenho:
  - Finding Nemo (2003): 4 minutos por frame
  - G5:
    - preço < \$5000 (topo de gama)





# Hardware e Comunicações

- Desempenho:
  - Toy Story: 4 horas por frame.
  - Final Fantasy: 1.5 horas por frame.
  - Finding Nemo: 4 minutos num Mac G5.



# Hardware e Comunicações

- Largura de Banda
  - 1996: 56 Kbs
  - 2005: 512 Kbs (2Mbs...16Mbs)
  - 2010: 200 Mbs



# Hardware e Comunicações

- Largura de Banda
  - Tempos de *download* em segundos assumindo velocidade máxima (irrealista)

|      | 56Kbs | 512Kbs |
|------|-------|--------|
| 100k | 14,28 | 1,56   |
| 622k | 88,85 | 9,71   |



# Hardware e Comunicações

- *Conclusão:*
  - Na altura em que surgiu o VRML não havia capacidade para apresentar ambientes virtuais minimamente complexos
    - largura de banda implicava longos tempos de espera
    - desempenho dos PCs não permitia visualização fluida



# Índice - 3D na Internet

- Introdução
- O ponto de vista do software
- Evolução do hardware e comunicações
- Conteúdos - o que são e o que devem ser
- Casos de estudo
- Conclusões



# Conteúdos

- Os conteúdos sofreram bastante devido à tecnologia (ou falta dela):
  - largura de banda => ambientes pequenos
  - desempenho dos PCs => ambientes simples
  - diversidade dos plugins => muita paciência



# Conteúdos

- Criação de conteúdos 3D:
  - Grau de complexidade elevado
  - Equipa multidisciplinar: artistas e engenheiros
- Esta exigência remete logo o 3D para uma expressão reduzida na WWW.



# Conteúdos

- Valor Acrecentado:
  - Os conteúdos devem trazer valor acrescentado, e não ser somente uma montra tecnológica
  - Exemplos: FNAC, Citroen, SGI



# Conteúdos

- Nem todos os conteúdos se prestam a uma representação tridimensional...
- ... ou pelo menos ainda não foi encontrado um modelo de representação tridimensional para certos conteúdos.
- A solução para certos casos pode passar por conteúdos heterogéneos.



# Conteúdos

---

- Interacção
  - A interacção fornecida pelos diferentes visualizadores VRML é semelhante.
  - O modelo adoptado tem de servir para todos os tipos de aplicação



# Conteúdos

- Interacção:
  - A livre interacção pode levar o utilizador a perder o controle.
  - A livre interacção pode revelar partes indesejáveis



# Conteúdos

- Interacção
  - Ângulo de visualização é inferior a  $60^\circ$



# Conteúdos

---

- Interacção
  - Dispositivos de entrada
    - rato
    - teclado
  - luva





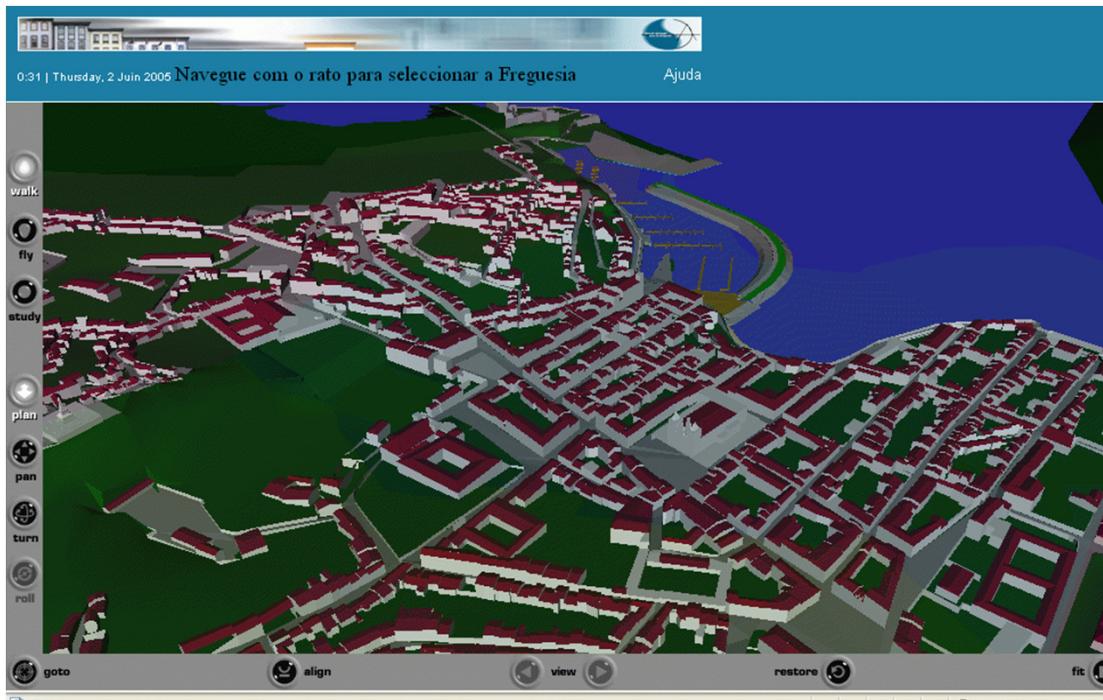
# Índice

- *Introdução*
- *O ponto de vista do software*
- *Evolução do hardware e comunicações*
- *Conteúdos - o que são e o que devem ser*
- *Casos de estudo*
- *Conclusões*



# Casos de Estudo

- Urban Virtual ([www.urban-virtual.com](http://www.urban-virtual.com))





# Casos de Estudo

- Galeria Virtual
  - Modelo
  - Virtual vs. Real
  - Os pequenos pormenores
  - Múltiplas Exposições
  - Edição de Exposições



# Casos de Estudo

- Modelo da Galeria Virtual





# Casos de Estudo

- Virtual vs. Real





# Casos de Estudo

- Galeria Virtual
  - Os pequenos pormenores
    - Visita guiada
    - Iluminação
    - Animações
    - Pontos de vista



# Casos de Estudo

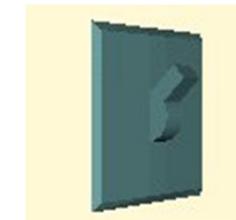
- Galeria Virtual: Visita Guiada
  - Ao ser criada uma exposição é automaticamente criada uma visita guiada pelos quadros





# Casos de Estudo

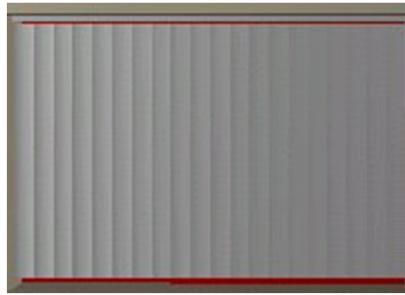
- Galeria Virtual: Iluminação (c/ níveis de detalhe)





# Casos de Estudo

- Galeria Virtual: Animações





# Casos de Estudo

- Galeria Virtual: Pontos de Vista



"Alturómetro"





# Casos de Estudo

- Galeria Virtual: Múltiplas Exposições
  - 8 exposições simultâneas
    - 3 coleções de fotografia
    - Exposição actual apresentada inicialmente
    - 4 outras exposições (passadas, previews, ou totalmente virtuais)



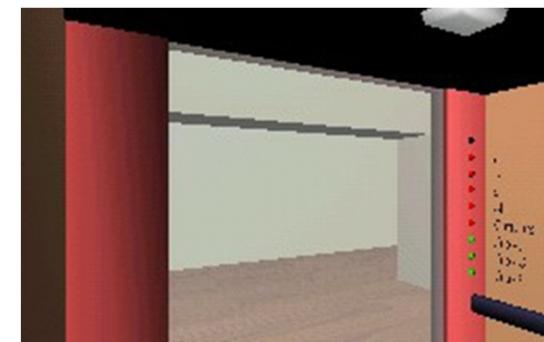
# Casos de Estudo

- Galeria Virtual: Múltiplas Exposições (2)
  - O elevador como forma de alternar entre exposições
    - Extensão da realidade
    - Interface 3D
    - Permite um tempo para carregar da internet a exposição a visitar



# Casos de Estudo

- Múltiplas Exposições (3)





# Casos de Estudo

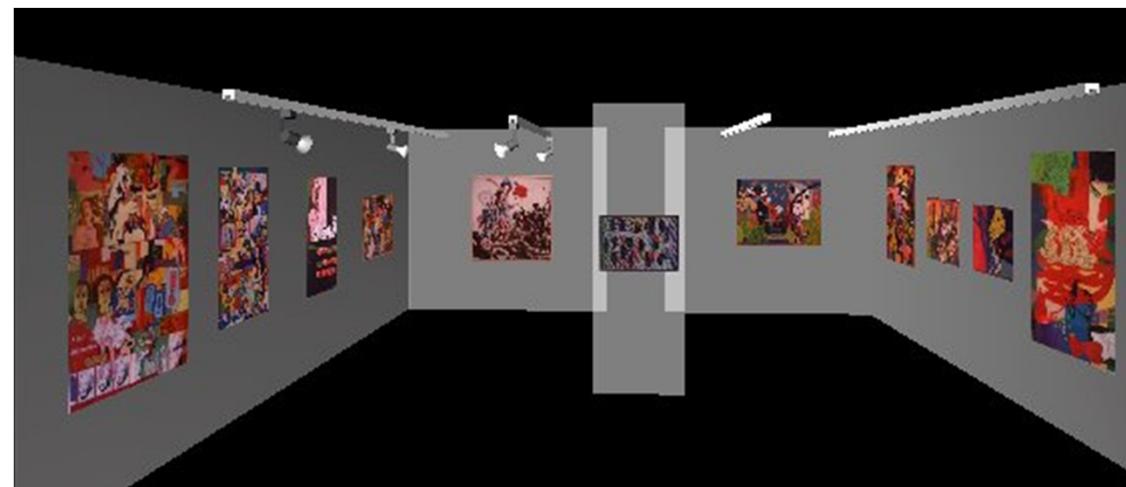
- Galeria Virtual: Edição de Exposições
  - Interface 2D para posicionamento exacto

| Imagen | Título    | Parede   | Pos. X<br>(m) | Pos. Y<br>(m) |  |
|--------|-----------|----------|---------------|---------------|--|
|        | Quadro 10 | Parede_5 | .1118         | 1.237         | <input type="button" value="Remover"/> |
|        | Quadro 09 | Parede_4 | 0.070         | 1.355         | <input type="button" value="Remover"/> |
|        | Quadro 08 | Parede_3 | 3.768         | 1.265         | <input type="button" value="Remover"/> |
|        | Quadro 07 | Parede_3 | 2.452         | 1.216         | <input type="button" value="Remover"/> |



# Casos de Estudo

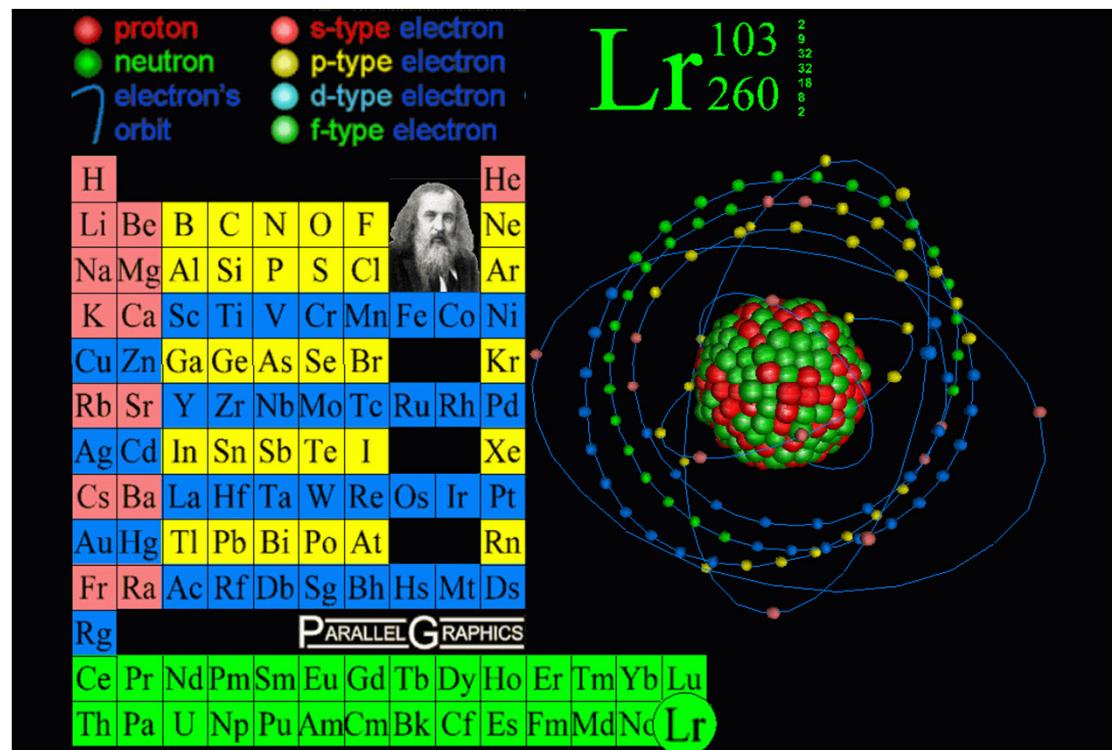
- Edição de Exposições (2)
  - Interface 3D: Permite posicionar quadros (e luzes) com o rato





# Casos de Estudo

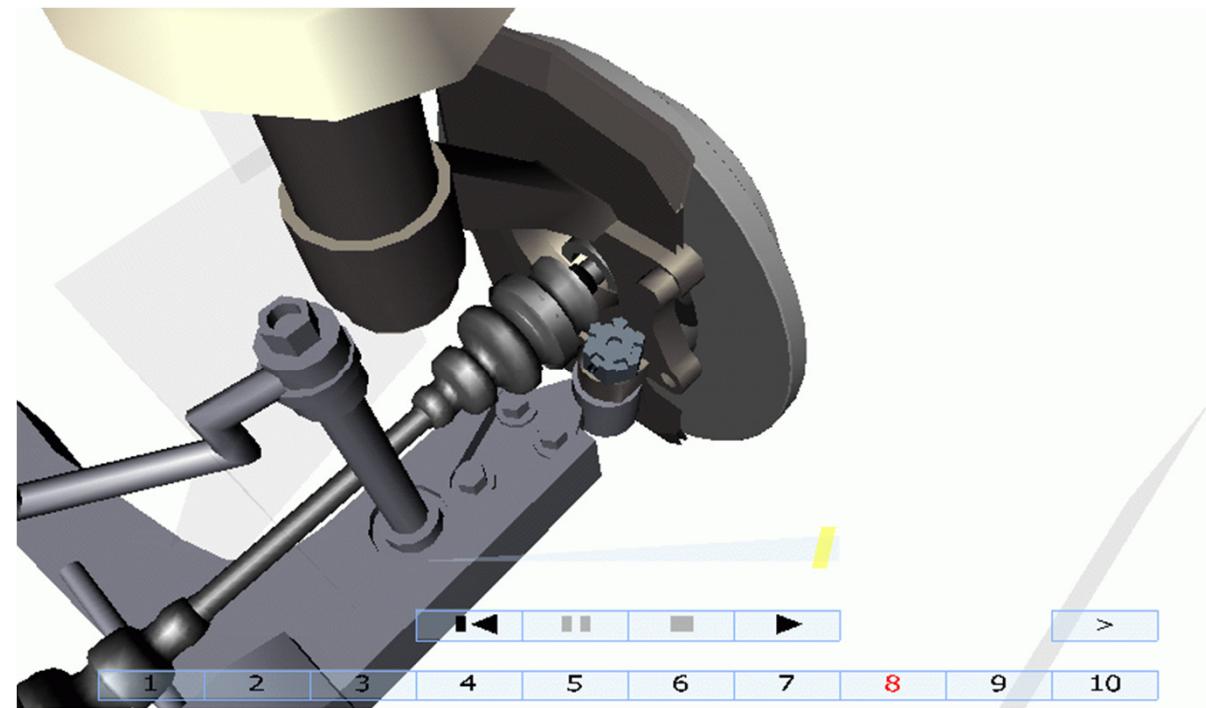
- Ensino: tabela periódica





# Casos de Estudo

- Ensino: Treino de pessoal





# Casos de Estudo

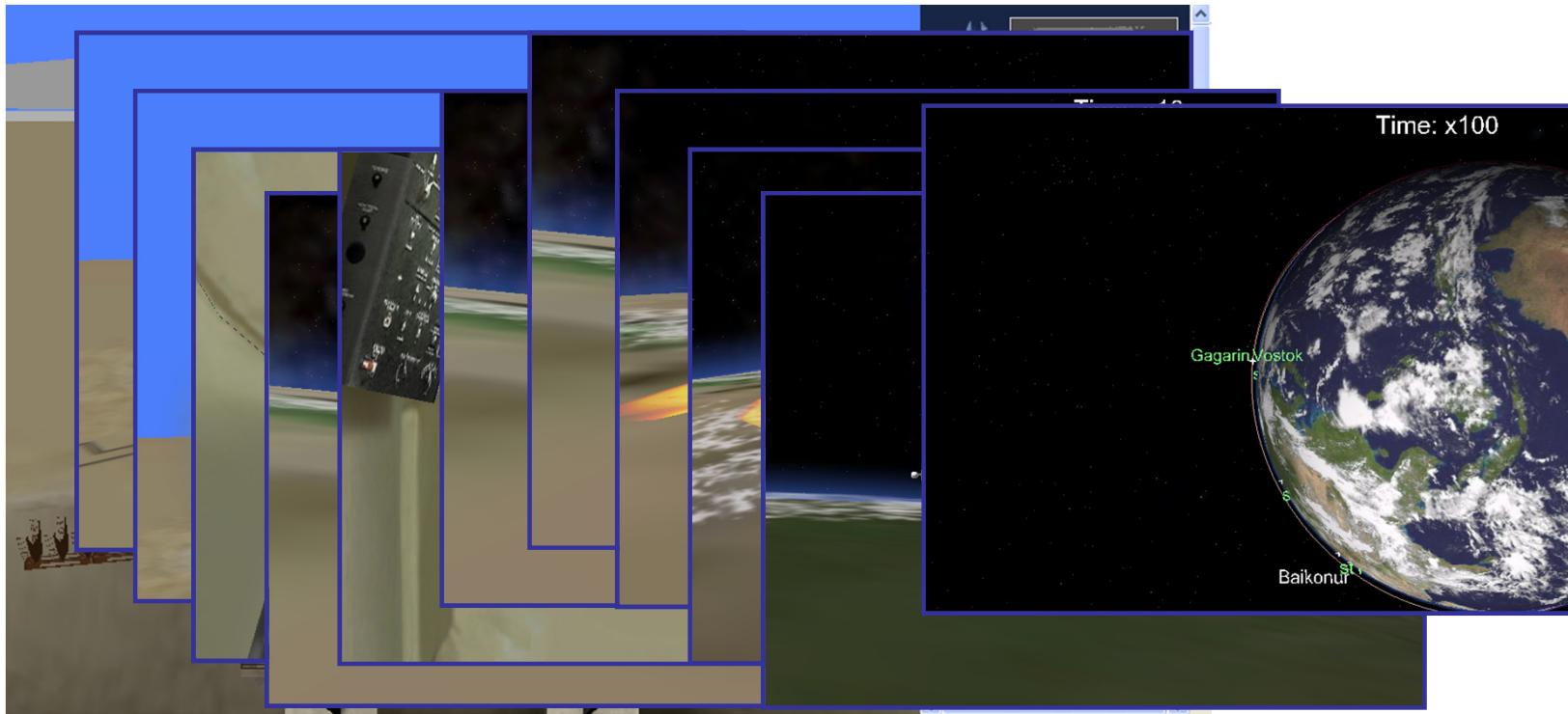
- Ensino: Cosmos





# Casos de Estudo

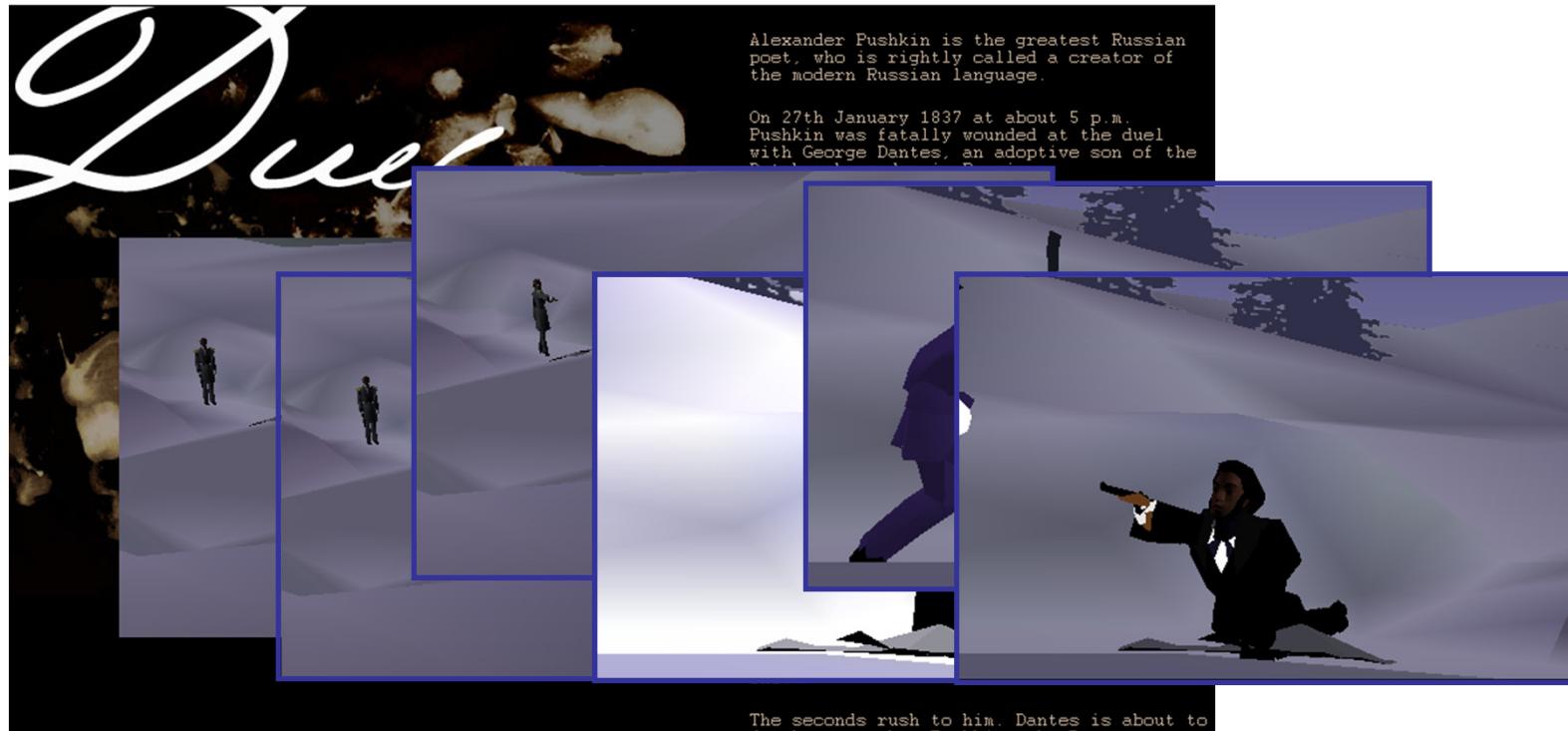
- O primeiro voo de Gagarin





# Casos de Estudo

- O Duelo de Pushkin





# Casos de Estudo

- Comércio Electrónico - Olympus





# Índice - 3D na Internet

- Introdução
- O ponto de vista do software
- Evolução do hardware e comunicações
- Conteúdos - o que são e o que devem ser
- Casos de estudo
- Conclusões



# Conclusões

- Passado:
  - Software
  - Desempenho e largura de banda
  - Criação de conteúdos



# Conclusões

- Presente e Futuro:
  - Problemas tecnológicos parcialmente ultrapassados
  - Faltam ainda soluções de software (WebGL?)
  - Casos de estudo mostram potencialidade