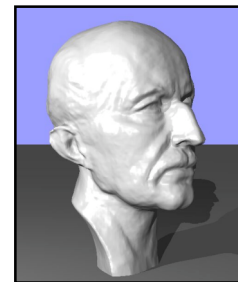
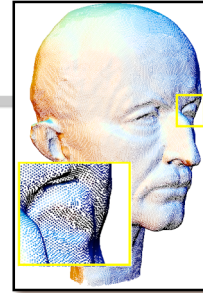

Computação Gráfica Baseada em Pontos

Marcelo Walter
UFPE

Ohtake, et al., SIGGRAPH 2003



Computação Gráfica - UFPE

Última atualização/maio 2009

Marcelo Walter

Introdução - O que é?

- Tópico antigo que re-apareceu recentemente na computação gráfica
 - Primeiros trabalhos importantes em 2000
- **Pontos** como primitiva de representação básica
- **Nuvens de pontos** como representação dos objetos

Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Motivação

- Triângulos projetados cada vez menores (em *Renderman* conceito de micro-polígonos)
- Trabalho de rasterização dos triângulos
- Pontos representam alguns objetos orgânicos mais facilmente do que com polígonos

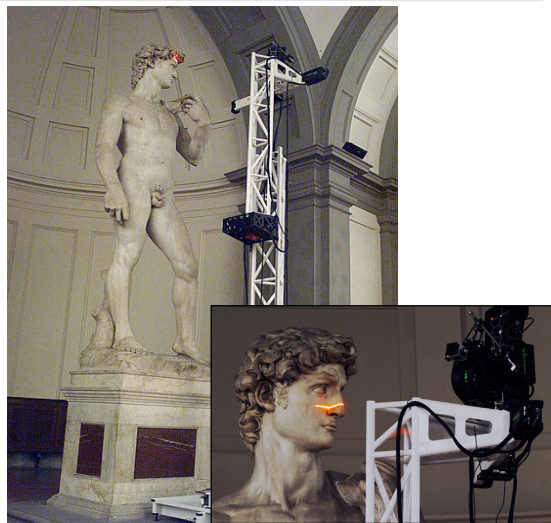


Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Motivação

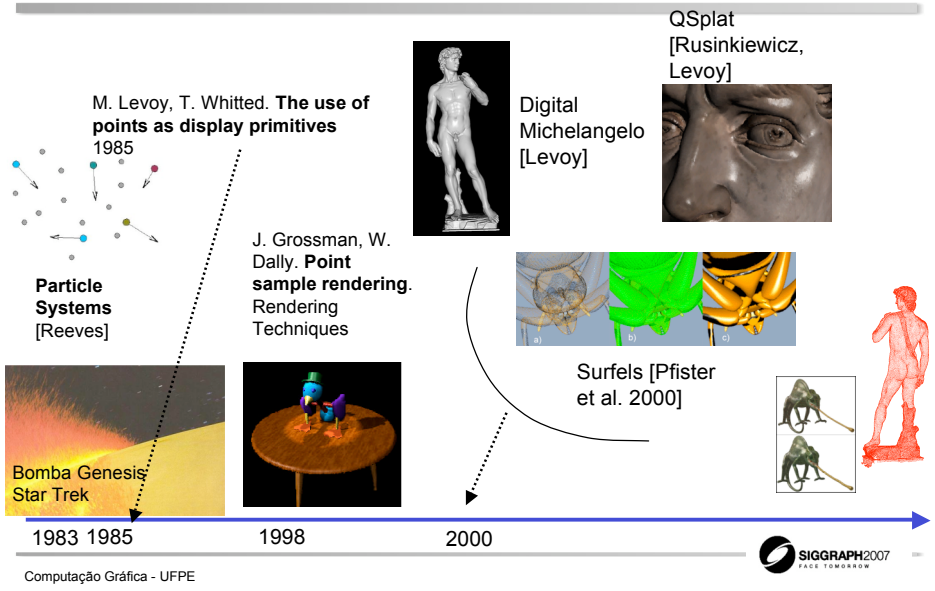
- Disponibilidade de digitalizadores 3D
- **Zilhões** de pontos
- Porque não usar diretamente os pontos?



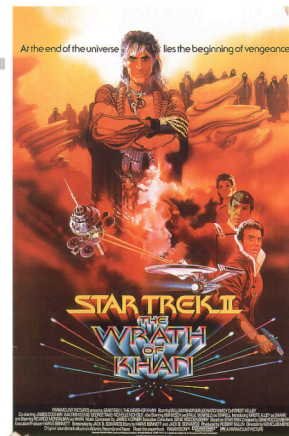
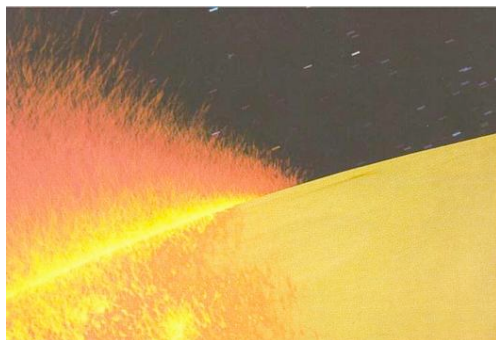
Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

História (Incompleta) de Pontos em CG



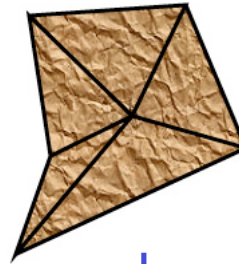
Bomba Gênese



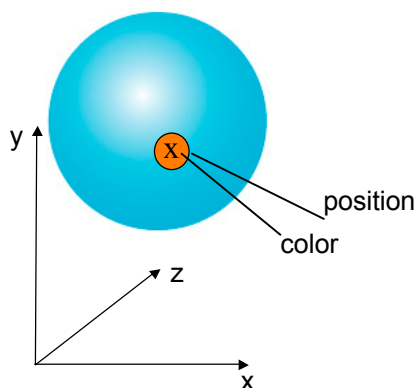
<http://www.youtube.com/watch?v=Tsr-XtuKuSw&feature=related>

Fundamentos

- Nuvem de pontos ao invés de malha de triângulos
- Pontos são amostras da superfície
- A nuvem de pontos descreve:
 - Geometria 3D da superfície
 - Propriedades de reflexão
- Sem informação adicional de conectividade



Fundamentos

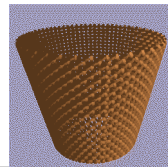
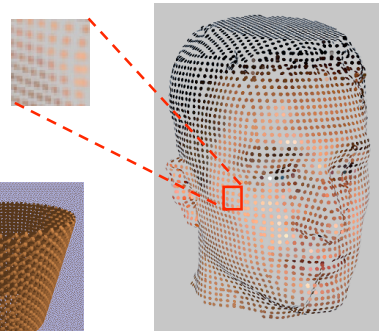
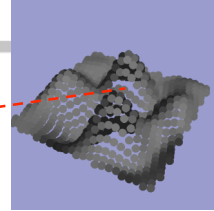


- **Surfels** - *Surface elements*
 - Equivalente aos pixels
 - Descreve a superfície numa vizinhança pequena

```
BasicSurfel{  
    position  
    color  
}
```


Surfels

- Como representar a superfície ENTRE os surfels?
- Surfels precisam INTERPOLAR a superfície entre os pontos
- A cada surfel corresponde uma área
- E se a superfície TIVER mesmo buracos??



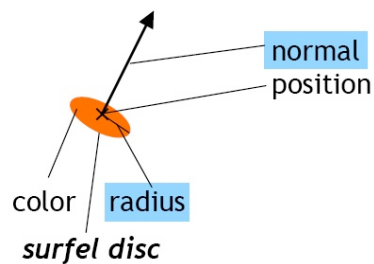
Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Surfels

- Surfels podem ficar mais poderosos adicionando outros atributos
- Permite melhorar efeitos de *shading* e renderização com mais alta qualidade

```
ExtendedSurfel{  
    position;  
    color;  
    normal;  
    Radius;  
    etc...  
}
```

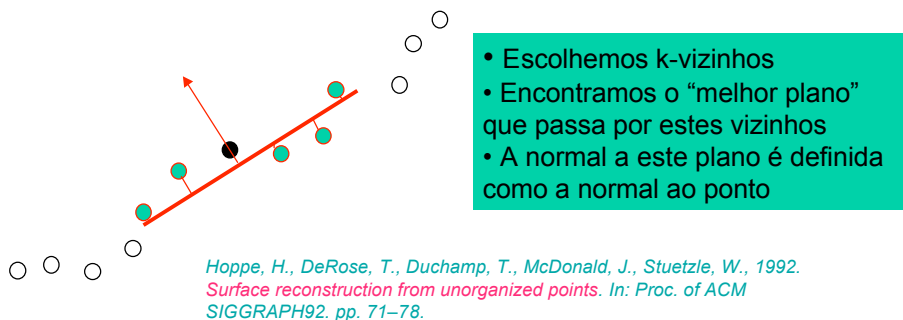


Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Estimando o vetor normal

- Em alguns casos temos apenas a posição geométrica dos pontos
- Como estimar o vetor normal?



Hoppe, H., DeRose, T., Duchamp, T., McDonald, J., Stuetzle, W., 1992. Surface reconstruction from unorganized points. In: Proc. of ACM SIGGRAPH92. pp. 71–78.

Aquisição

- Digitalizadores 3D
 - Full body
 - Head and Face
 - Desktop

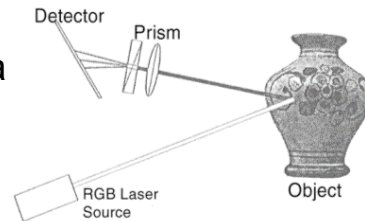


SENAC no RJ tem um destes agora

Tecnologia

- LIDAR (*light detection and ranging*)
- Usa o tempo da viagem da luz entre o scanner e a cena para estimar a profundidade
- Um espelho que gira muda a direção dos pulsos enviados

Também captura cor!



<http://www.creaform3d.com/en/handyscan3d/default.aspx>

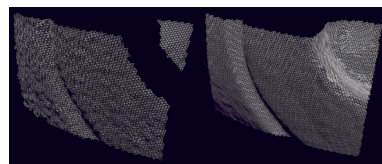
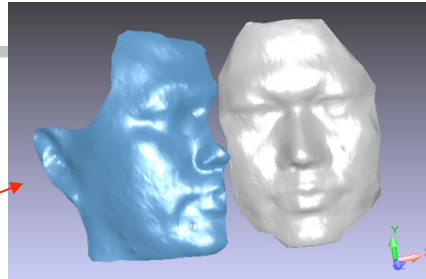
Algumas contas...

- $d = c * t/2$ (pq dividido por 2?)
- Sabendo que $c = 299\,792\,458 \text{ m / s}$
- Qual o tempo para um objeto a 0.5m?
- $t = 2d/c = 1/299792458 \text{ s} = 3.33 \times 10^{-9} \text{ s}$

Ou seja, equipamento de alta precisão!

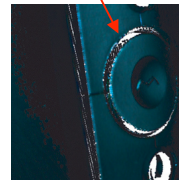
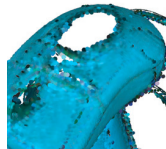
Etapas

- *3D scanning*: Um scan é realizado de algum ponto de vista
- *Registration*: alinhamento entre os scans
- *Merging*: Resolve a sobreposição dos scans para gerar uma única representação



Etapas

- *View planning*: Onde colocar o scanner para o próximo scan
- *Postprocessing*: Remoção de problemas e melhoramento dos dados: ruído, buracos, falta de detalhes, e outros



Weyrich, T., Pauly, M., Heinzle, S., Keiser, R., Scandella, S., Gross, M., 2004. *Post-processing of scanned 3D surface data*. In: Proc. of Symp. on Point-Based Graphics 04. pp. 85–94.

Konica Minolta VI-9i - 3D Laser Scanner



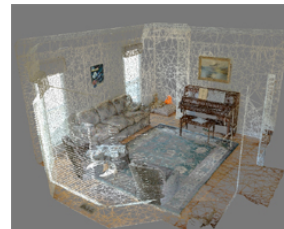
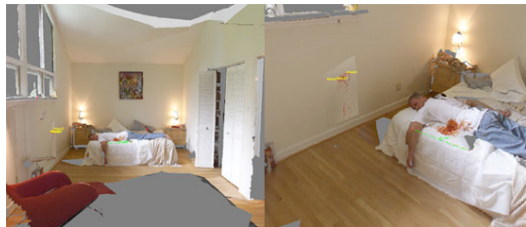
Spec		Konica Minolta Konica Minolta VI-9i
Device Weight (kg)		15
Acquisition Rate (Points)		300000 (per scan)
Point accuracy (mm)		0.05
Point to point distance (mm)		0.05
Working Range Near (m)		500 ((0.5m))
Working Range Far (m)		2500 ((2.5m))
Colour Capture		Yes (640 x 480 pixels)
Acquisition Time (sec)		2.5

[click here to see a comparison chart for products in this category](#)

Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Novas Aplicações?



Análise Forense de Cenas de Crimes!

Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Possibilidades...



monumentos



"quarto" de digitalizar, para comprar seu próximo jeans sob medida!

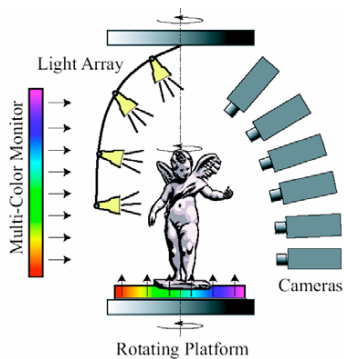
prédios



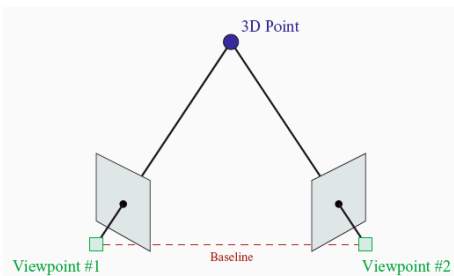
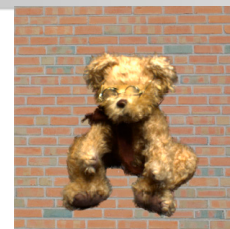
Pessoas: estudos postura, aumento desempenho em atletas

Aquisição

- Image-based Systems

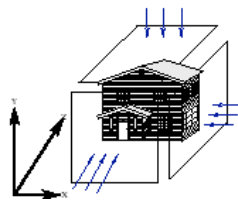
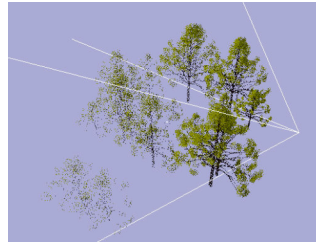


[Matusik et al. 2002]

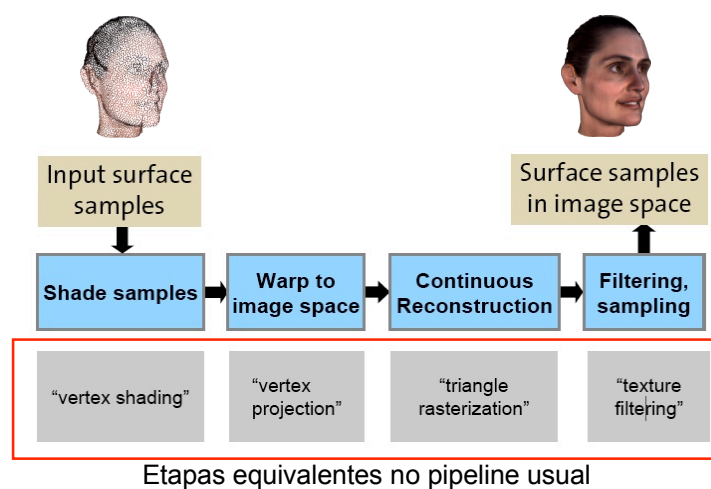


Aquisição

- Amostragem de objetos sintéticos
 - Utiliza raios para amostrar a superfície



Rendering Pipeline



Grossman e Dally - 1998

- Reconstrução com *pull-push*

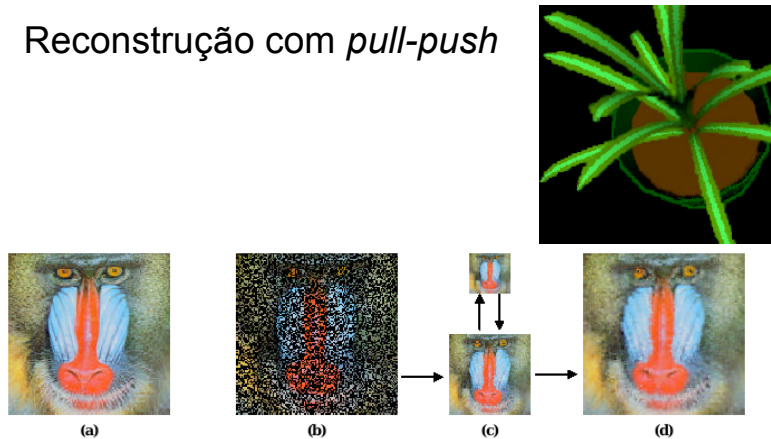
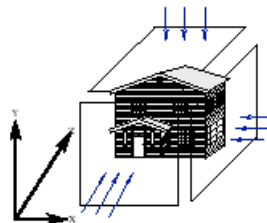


Figure 4.10: The pull-push algorithm. **(a)** Original image. **(b)** Incomplete image; 50% of the pixels have been discarded. **(c)** Lower resolution approximations. **(d)** Reconstruction.

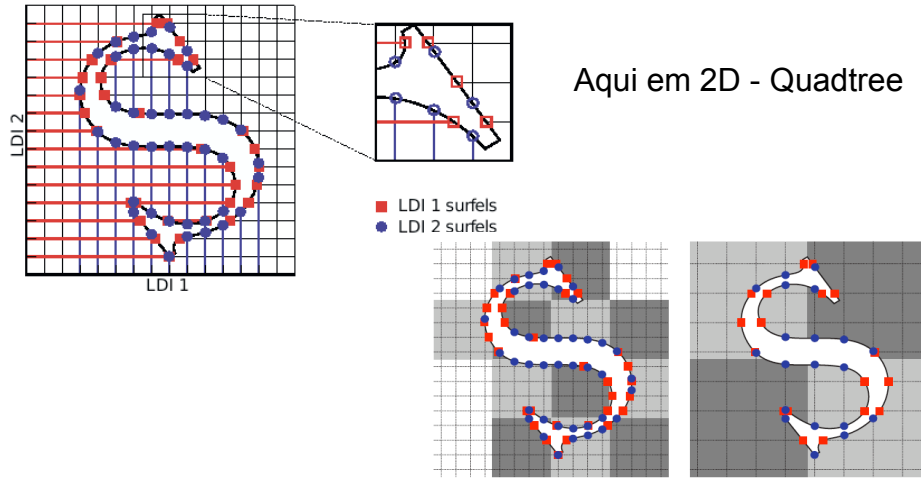
Pfister, Gross, Zwicker - 2000

- Amostragem da superfície em 3 vistas canônicas
 - Regularidade no Grid
- Pontos com propriedades (cor, normal, etc)
- Introdução do conceito de surfels



Pfister, Gross, Zwicker - 2000

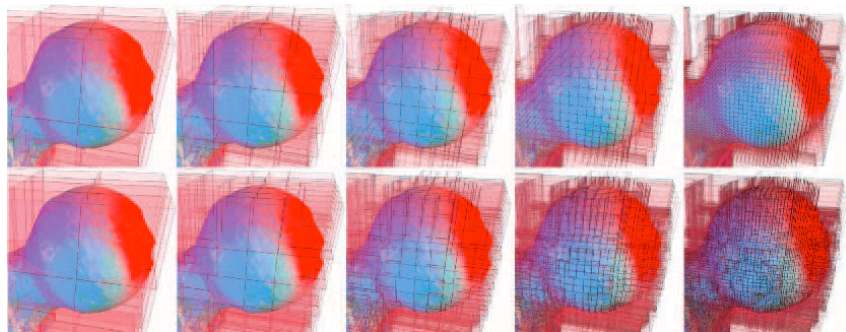
- Octree-Based representation (árvore)



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

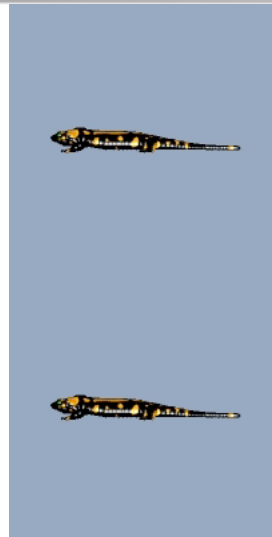
Octree



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

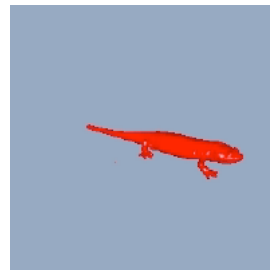
Resultados



Buracos em verde

Reconstrução

70000 surfels



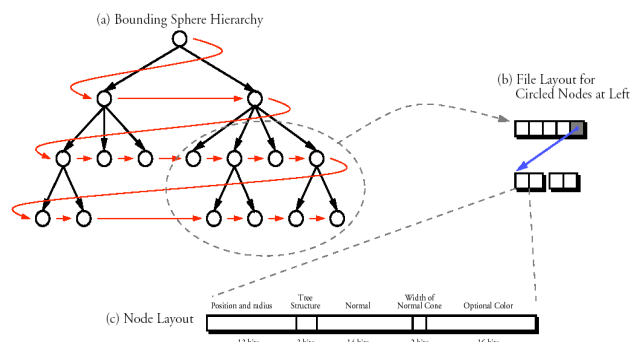
Transição nos diferentes níveis da árvore

Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Rusinkiewicz, Levoy/Qsplat - 2000

- Idéia principal
 - Estrutura de dados hierárquica com esferas limitantes que aproximam a geometria
 - Construída em pré-processamento

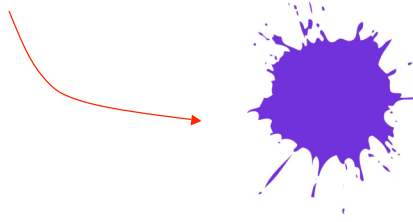


Computação Gráfica

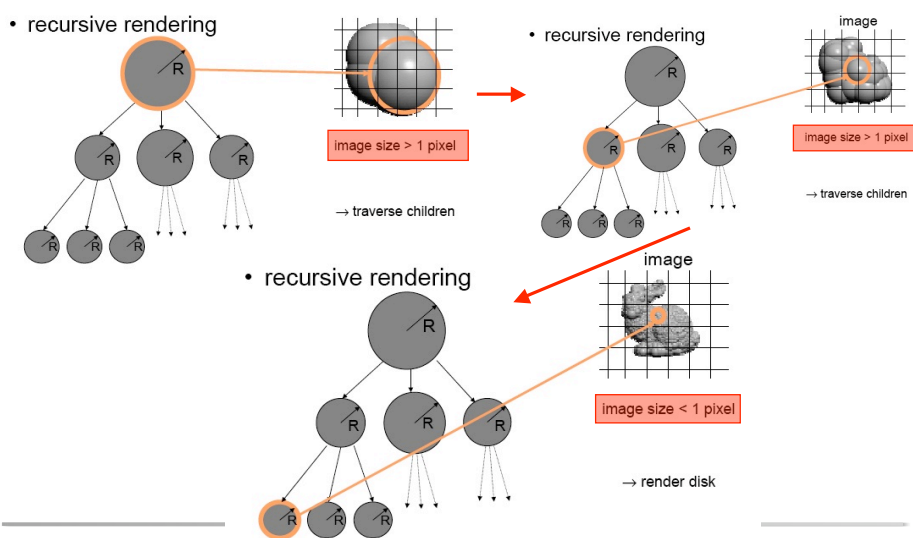
Marcelo Walter

Rusinkiewicz, Levoy/Qsplat - 2000

- Idéia principal
 - Renderiza baseado no tamanho da projeção na tela
 - Utiliza um “splat” ou disco
- Splat literal: “*split open and flatten for cooking*”



Rusinkiewicz, Levoy/Qsplat - 2000



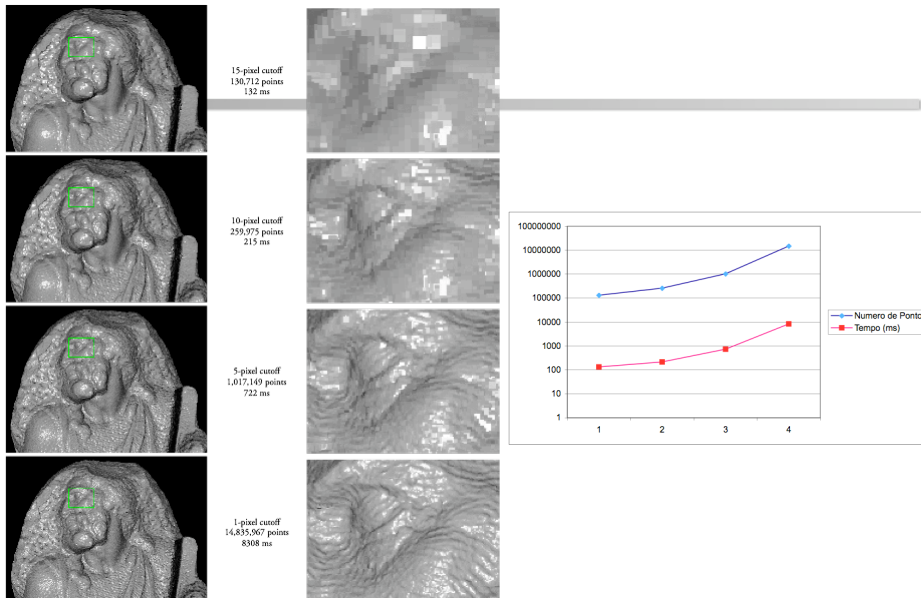
Resultados



a) Points

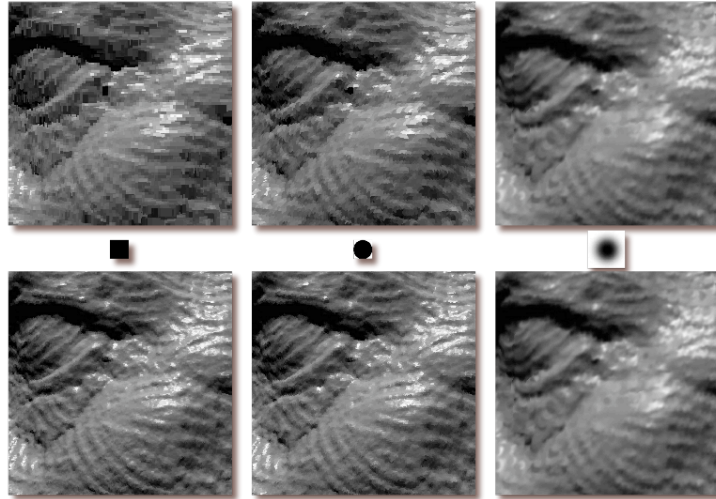
b) Polygons – same number of primitives and same rendering time as a)

c) Polygons – same number of vertices as a) but twice the rendering time



From Rusinkiewicz and Levoy, SIGGRAPH 2000.

Forma do Splat



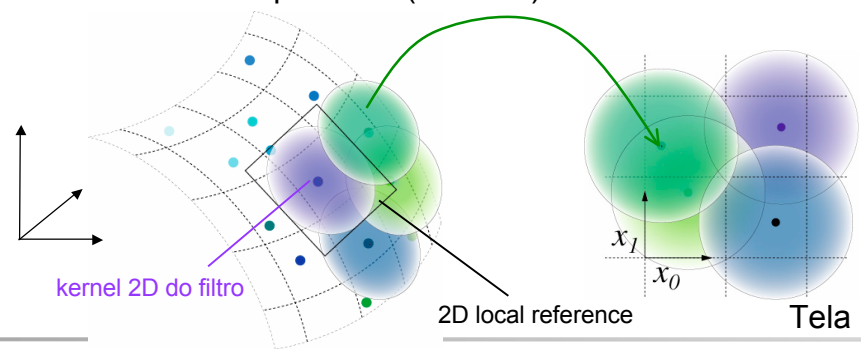
Computação Gráfica - UFPE

From Rusinkiewicz and Levoy, SIGGRAPH 2000.

Marcelo Walter

Pfister, Gross, Zwicker - 2001

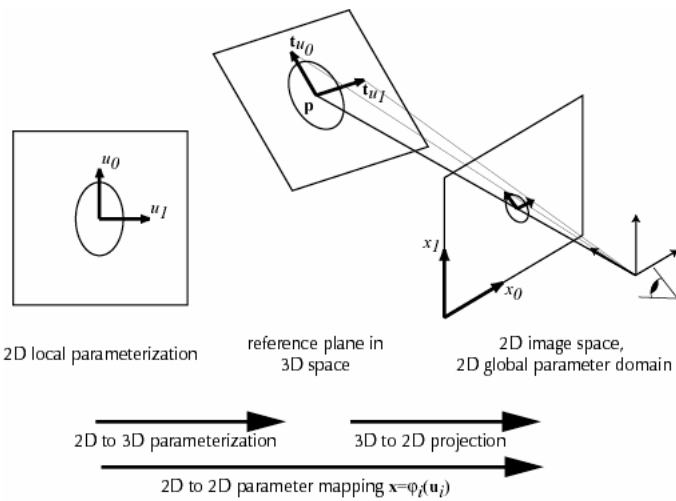
- Amostras irregularmente espaçadas
- Surface Splatting com filtro *EWA - Elliptical Weighted Average*
- Adiciona transparência (A-buffer)



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Pfister, Gross, Zwicker - 2001



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Resultados



990k surfels

Computação Gráfica - UFPE

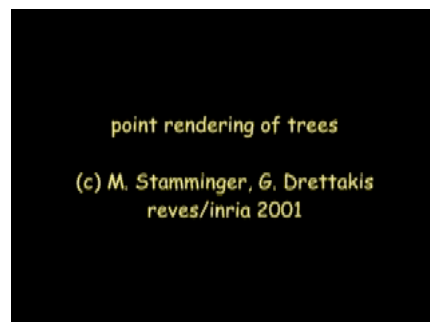
Marcelo Walter

Amostragem Dinâmica dos Pontos

- Permite visualizar os pontos em diferentes resoluções (LOD)
- Amostragem Adaptativa



Resultados

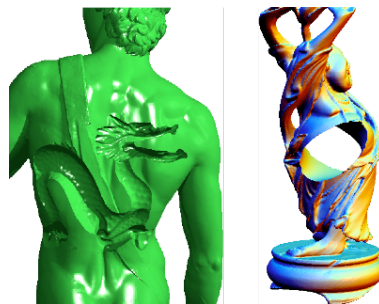


Modelagem com Pontos

- Pauly, Keiser e Gross 2003
 - Framework para modelagem de geometria
 - Técnica híbrida com superfícies implícitas
 - Explora a facilidade de deformação dos pontos
 - Nuvem de pontos e superfície implícita como entrada

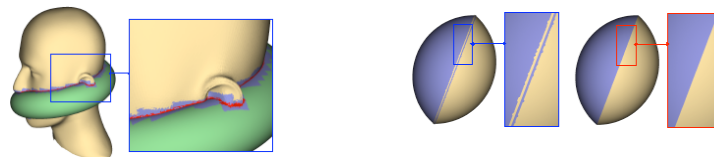
Operações Booleanas - CSG

- Classificação
 - Teste dentro/fora: 3-color octree delimitando o objeto
 - Classificar cada voxel como dentro, fora ou no limite
 - Folhas no limite são novamente divididas

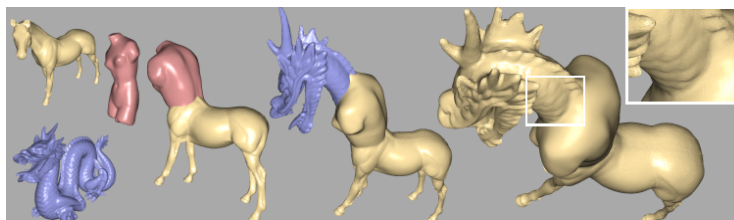
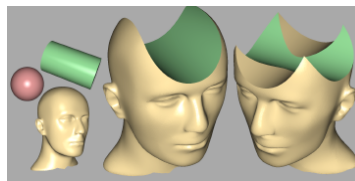


Operações Booleanas - CSG

- Reamostragem dos pontos
 - Armazena também o ponto vizinho mais próximo
 - Para os limites entre os objetos, verificar os pontos a serem utilizados

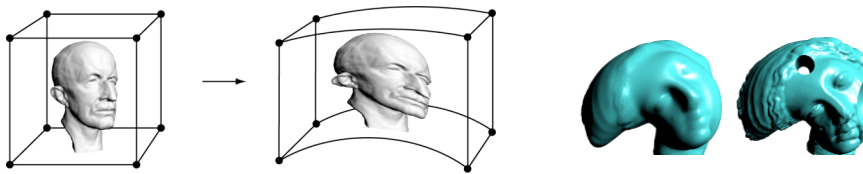


Resultados



Free-form Deformation

- Campo de Deformação suave que modifica o espaço 3D
- Aplicação direta aos pontos

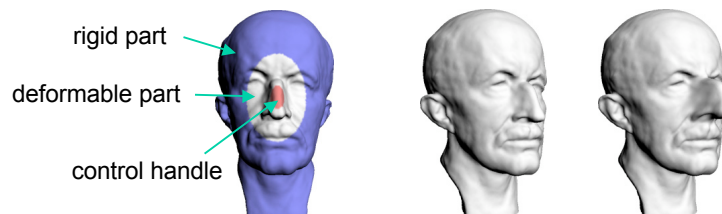


Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Free-form Deformation

- Edição intuitiva utilizando metáfora de sistemas de pintura

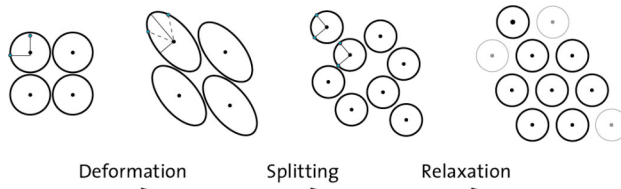


Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Amostragem Dinâmica

- Inserção dinâmica de pontos:
 - Mede a deformação local
 - Divide amostras que excedem o limite de deformação
 - Regulariza a distribuição utilizando relaxamento
 - Interpola os atributos escalares



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Resultados

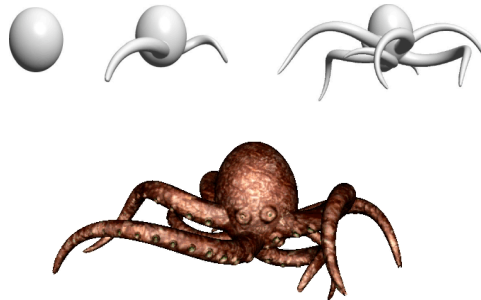


Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Resultados

- Polvo: Combinando CSG com FFD e amostragem dinâmica

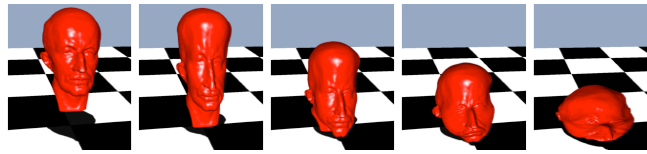


Animação com Pontos

- Muller, Keise, Pauly, Gross 2004
 - Animação de objetos elásticos, plásticos e fundidos/extrudados
 - Superfície e volume representados por pontos
 - Modelo físico

Animação com Pontos

- Animação através de simulação (phyxel)



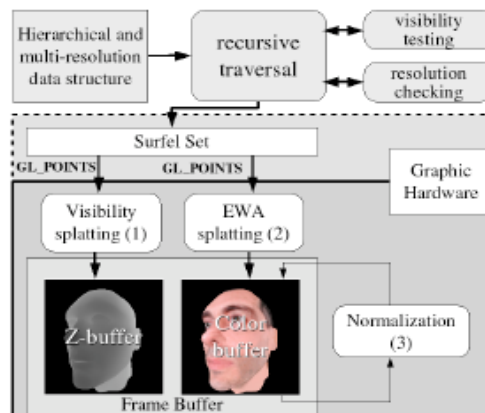
	physics	surface + rendering	frame rate
Max/200/10k/expl	15 ms	22 ms	27 fps
Max/200/10k/impl	22 ms	22 ms	22 fps
Max/400/20k/expl	35 ms	50 ms	12 fps
Max/400/20k/impl	60 ms	50 ms	9 fps

Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Guennebaud 2004

- Fazer EWA splatting e visibility splatting em GPU



Computação Gráfica - UFPE

Marcelo Walter

Resultados

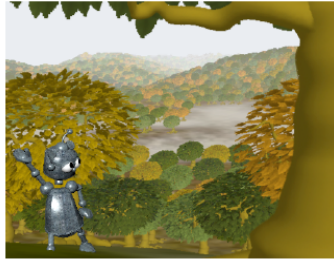


Figure 1: Our point based rendering algorithm applied on a landscape. This frame contains 1500 visible trees (750k points per tree), 95% of points declared visible by the high level culling and LOD are culled by our accurate point selection, increasing performance from 1.1 fps to 12 fps.



Scene	FPS without	Percentage of culled points	FPS with
Head (285k pts)	34	70%	39
Tree (750k pts)	8.6	88%	32

Pointshop 3D

<http://graphics.ethz.ch/pointshop3d/>

- Software livre para trabalho com pontos
- Desenvolvido pelo pessoal da ETH - Suíça
- Descontinuado a partir de dez/2006

Pointshop3D

Welcome to the website of Pointshop3D
Pointshop3D is a software system for interactive editing of point-based surfaces, developed at the [Computer Graphics Lab at ETH Zurich](#) (Switzerland).

SIGGRAPH
Pointshop3D was presented at SIGGRAPH 2002 in San Antonio. The Boolean operation and free form deformation tools of Pointshop3D 2.0 were presented at SIGGRAPH 2003 in San Diego.

Hot Topics



- *Direct Visibility of Point Sets.*
Sagi Katz, Ayellet Tal, and Ronen Basri.
SIGGRAPH 2007

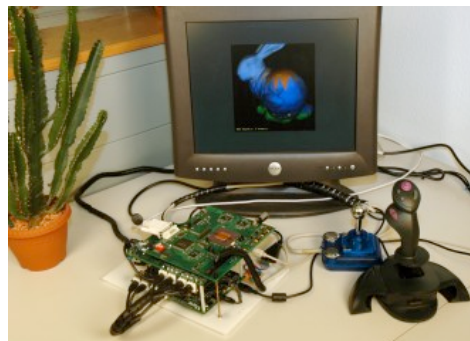
Hidden Point Removal Operator
SEM reconstrução da superfície
SEM estimar as normais!



Hot Topics



- *A Hardware Architecture for Surface Splatting.*
Tim Weyrich et al.
SIGGRAPH 2007



We implemented our architecture both on reconfigurable FPGA boards and as an ASIC prototype, and we integrated it into an OpenGL-like software implementation.

Hot Topics



- *Interactive Rendering of Large Point Clouds.*

M. Wand et al.

**Até 63GB!!
de dados
em
tempo-
real**

Conclusões

- Não substitui métodos tradicionais
- Requer grande quantidade de memória
- Tempo de renderização elevado

Conclusões

- Boa qualidade visual
- Pode ser alternativa intermediária a métodos como rasterização e traçado de raios
- A evolução do modelo pode torná-lo uma ferramenta importante para a CG

Referência recente

- Lançado em 6 de julho de 2007
- Markus Gross e Hanspeter Pfister

