

# Apresentação Parcial 2: *The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization*

Fábio Markus Nunes Miranda  
fmiranda@tecgraf.puc-rio.br  
fabiom@gmail.com

Visualização de Modelos Massivos (INF2063)  
Prof. Alberto B. Raposo  
PUC-Rio

# Sumário

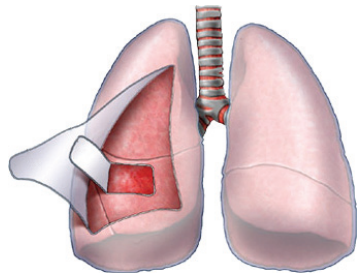
- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados parciais
- 5 Bibliografia

# Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados parciais
- 5 Bibliografia

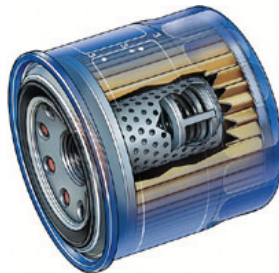
## Introdução

- A visualização de partes internas de modelos complexos é um problema abordado por diversas áreas (artistas, ilustradores, etc.).
- Como melhor visualizar um modelo volumétrico, de forma que seja possível distinguir suas características especiais?
- **Cut-away view**
- Ghosted view
- Section view



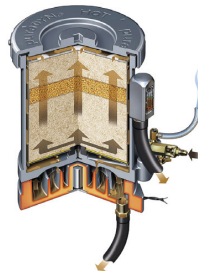
# Introdução

- A visualização de partes internas de modelos complexos é um problema abordado por diversas áreas (artistas, ilustradores, etc.).
- Como melhor visualizar um modelo volumétrico, de forma que seja possível distinguir suas características especiais?
- Cut-away view
- **Ghosted view**
- Section view



## Introdução

- A visualização de partes internas de modelos complexos é um problema abordado por diversas áreas (artistas, ilustradores, etc.).
- Como melhor visualizar um modelo volumétrico, de forma que seja possível distinguir suas características especiais?
- Cut-away view
- Ghosted view
- **Section view**



# Introdução

- Dados volumétricos geralmente não tem nenhum valor semântico sobre as estruturas capturadas.
- Como então visualizar apenas o que é relevante?
- Abordagens baseadas na manipulação do processo de *rendering*: *ghost view*.
- Abordagens baseadas na extração de informações semânticas: extração das bordas [Šereda et al., 2006], classificação baseado na decisão do usuário [Pinto and Freitas, 2008], baseado em *region growing* [Sherbondy et al., 2003], espectro de oclusão [Correa and Ma, 2009].

# Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica**
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados parciais
- 5 Bibliografia



# Renderização volumétrica

- Como mostrar dados volumétricos armazenados em estruturas 3D, onde cada voxel armazena um valor de intensidade (0.0...1.0)?
- Tomografia computadorizada (CT)
- Resonância magnética (MRI)
- Simulações físicas



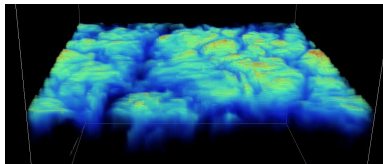
# Renderização volumétrica

- Como mostrar dados volumétricos armazenados em estruturas 3D, onde cada voxel armazena um valor de intensidade (0.0...1.0)?
- Tomografia computadorizada (CT)
- **Resonância magnética (MRI)**
- Simulações físicas



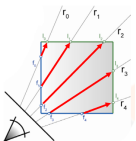
# Renderização volumétrica

- Como mostrar dados volumétricos armazenados em estruturas 3D, onde cada voxel armazena um valor de intensidade (0.0...1.0)?
- Tomografia computadorizada (CT)
- Resonância magnética (MRI)
- **Simulações físicas**



## Renderização volumétrica

- Renderização volumétrica direta: cada valor da estrutura 3D é mapeado em um valor de opacidade e cor, através de funções de transferência.
- Ray casting* volumétrico:



1. Raios são lançados através do volume.
2. Para cada raio, amostragens da textura 3D são feitas ao longo da direção do raio.
3. A cor resultante na tela será a soma das amostragens, de acordo com as funções de transferência.

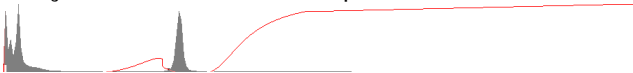
$$cor_{pixel} = \sum vec4(tf_{cor}(voxel_{intensidade}), tf_{alpha}(voxel_{intensidade}))$$

# Função de transferência

- Uma função de transferência mapeia valores de intensidade do volume em propriedades ópticas, como cor e opacidade.

- $rgb = tf(voxel_{intensidade})$
- $alpha = tf(voxel_{intensidade})$

- Função de transferência de opacidade:

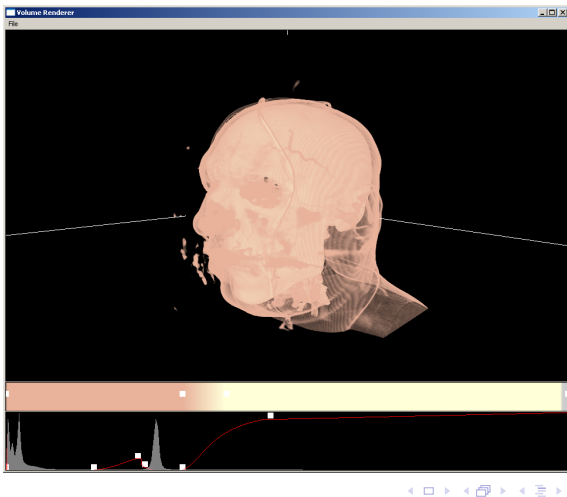


- Função de transferência de cor:



# Função de transferência

## ■ Resultado:



# Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization**
- 4 Resultados parciais
- 5 Bibliografia

## The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization

- Utiliza *ambient occlusion* para determinar a classificação das diferentes partes de um modelo volumétrico.
- O *ambient occlusion* dos voxels leva em consideração uma função de mapeamento de visibilidade, para que voxels vizinhos de mesma intensidade não sejam considerados como oclusores.
- A seguir será então apresentado:
  - 1. Conceito de *ambient occlusion*.
  - 2. Cálculo do *ambient occlusion volume* e *occlusion spectrum*.
  - 3. Função de mapeamento de visibilidade adaptativa.
  - 4. Função de transferência levando-se em consideração o volume calculado em 2.



## Ambient occlusion

- Técnica de *shading* que busca calcular a oclusão de um determinado ponto, considerando a cena ao seu redor.
- Para dados volumétricos, os voxels vizinhos são considerados (x centro o voxel central).

$$O(x) = \frac{1}{N} \sum_{\phi=0}^{\pi} \sum_{\theta=0}^{2\pi} A(x, \omega(\phi, \theta))$$

## Ambient occlusion

- Oclusão de um voxel em uma dada direção  $\omega$ :

$$A(x, \omega) = \sum_{t=0}^T M(x + t\omega)$$

- $M(x)$  é uma função de mapeamento de visibilidade. A função de mapeamento mais simples é a que é utilizada no cálculo de *ambient occlusion*, onde  $M(x) = c$  quando um voxel vizinho é ocluidor do voxel central.

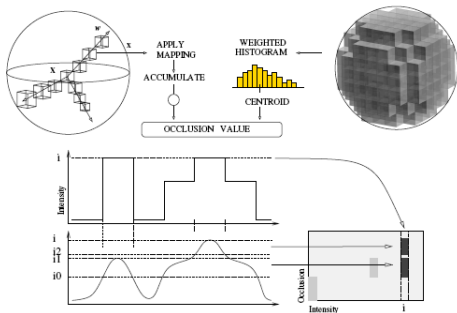
$$M(x) = \text{voxel}_{intensidade}(x)$$

$$M(x) = \text{voxel}_{intensidade} * e^{-\|x-x_c\|^2}$$

$$M(x) = \begin{cases} \text{voxel}_{intensidade}(x) & \tau_0 < \text{voxel}_{intensidade}(x) < \tau_1 \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

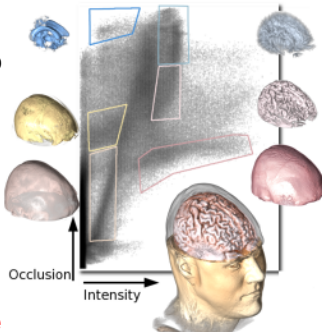
## Occlusion spectrum

- Um novo volume (*ambient occlusion volume*) é gerado em pré-processamento a partir do volume de entrada, e utilizando  $O(x)$ .
- A partir do novo volume, obtemos o (*occlusion spectrum*) levando-se em consideração a intensidade do voxel e também sua oclusão.



## Occlusion spectrum

- Um novo volume (*ambient occlusion volume*) é gerado em pré-processamento a partir do volume de entrada, e utilizando  $O(x)$ .
- A partir do novo volume, obtemos o (*occlusion spectrum*) levando-se em consideração a intensidade do voxel e também sua oclusão.



## Adaptative mapping

- Uma função de mapeamento de visibilidade nem sempre se adequará a todas as situações. Por isso é proposto um mapeamento adaptativo, onde parâmetros são alterados dependendo do interesse do usuário por classificar voxels com determinadas intensidades. Por exemplo:

$$M(x) = \begin{cases} \text{voxel}_{intensidade}(x) & \tau_0 < \text{voxel}_{intensidade}(x) < \tau_1 \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

- Um valor de  $\tau_0$  e  $\tau_1$  pode ser útil para separar dois tipos de intensidade, mas pode falhar para outros dois tipos. É preciso então utilizar vários valores de  $\tau$  para o cálculo do *ambient occlusion volume*.
- O problema é o custo de se calcular um novo *ambient occlusion volume* para cada combinação é muito alto.
- Uma maneira mais rápida seria fazer o cálculo apenas baseado em um histograma local para cada voxel e colocá-los em *clusters* de acordo com a oclusão de cada um.

## Occlusion transfer function

- Para alterar a oclusão de determinados voxels, é utilizado três funções de transferência:
  - 1. Cor
  - 2. Opacidade (intensidade x opacidade)
  - 3. Oclusão (intensidade x oclusão)
- A opacidade de um voxel  $x$  será calculado então como:

$$\alpha(x) = \alpha_s(\text{voxel}_{intensidade}(x))\alpha_o(\text{voxel}_{intensidade}(x), O(x))$$

- Onde:
  - $\alpha_s(\text{voxel}_{intensidade}(x))$  é a opacidade de um voxel baseada na função de transferência 2.
  - $\alpha_o(\text{voxel}_{intensidade}(x), O(x))$  é a opacidade de um voxel baseada na função de transferência 3.

## Occlusion transfer function

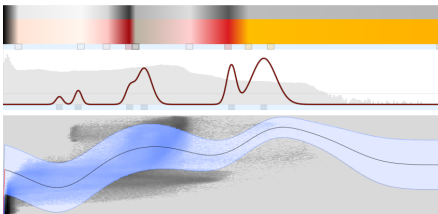
- A função de transferência 3 (levando-se em conta a oclusão) será dada por:

$$\alpha_o(\text{voxel}_{intensidade}(x), O(x)) = G(O(x), \mu, \sigma)$$

- Onde  $G(O(x), \mu, \sigma)$  é dado por:

$$\alpha_o(\text{voxel}_{intensidade}(x), O(x)) = G(O(x), \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(O(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

- Resultado:



# Sumário:

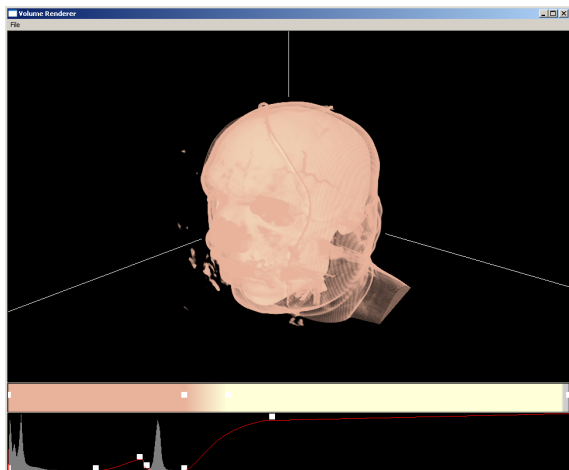
- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados parciais**
- 5 Bibliografia



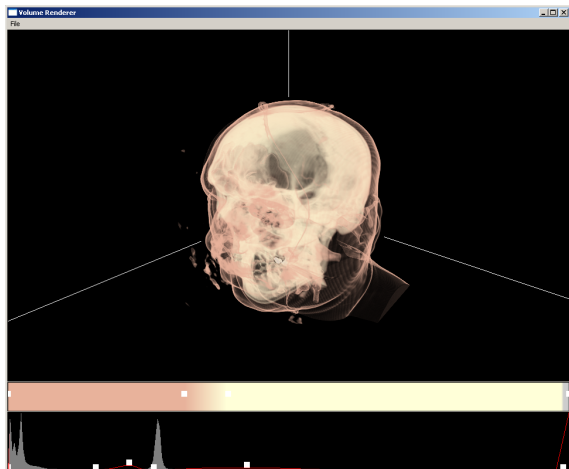
# Resultados parciais

- Feito:
  - Implementação do renderizador volumétrico (OpenGL + IUP).
  - Implementação de um editor de funções de transferência (cor e opacidade).
  - Cálculo do *ambient occlusion volume* e *occlusion spectrum* (sem levar em consideração mapeamentos adaptativos).
- A fazer:
  - Função de transferência levando-se em consideração a oclusão.

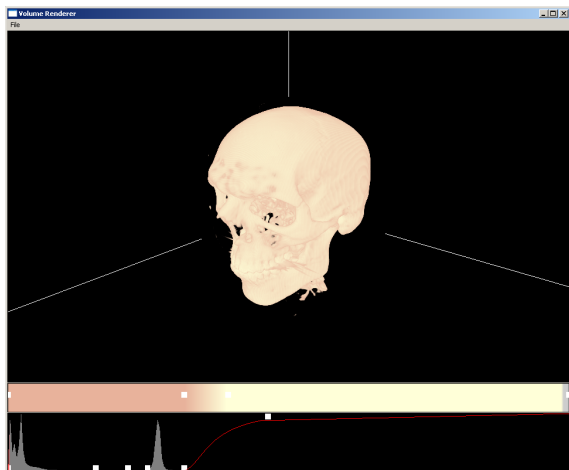
# Tela 1



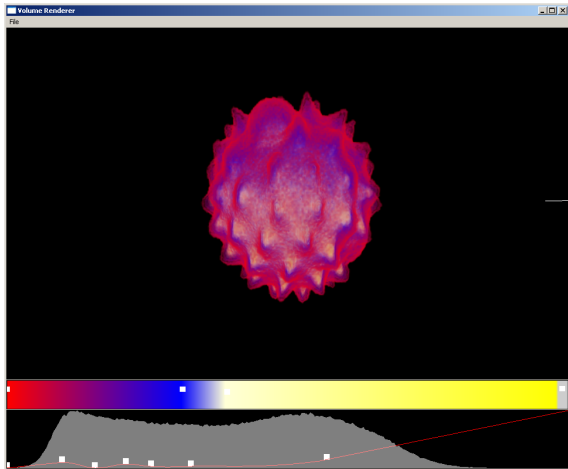
# Tela 2



# Tela 3



# Tela 4



# Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados parciais
- 5 Bibliografia**



Correa, C. and Ma, K.-L. (2009).

The occlusion spectrum for volume classification and visualization.

*IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6):1465–1472.



Pinto, F. d. M. and Freitas, C. M. D. S. (2008).

Volume visualization and exploration through flexible transfer function design.

*Comput. Graph.*, 32(5):540–549.



Sherbondy, A., Houston, M., and Napel, S. (2003).

Fast volume segmentation with simultaneous visualization using programmable graphics hardware.

In *VIS '03: Proceedings of the 14th IEEE Visualization 2003 (VIS'03)*, page 23, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.



Šereda, P., Vilanova Bartroli, A., Serlie, I. W. O., and Gerritsen, F. A. (2006).

Visualization of boundaries in volumetric data sets using lh histograms.

*IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(2):208–218.