

Apresentação Final: *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

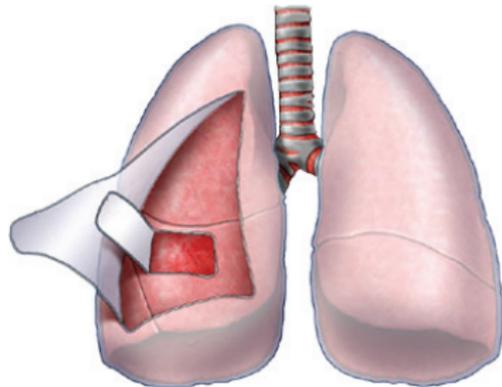
- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados finais
- 5 Bibliografia

Sumário:

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



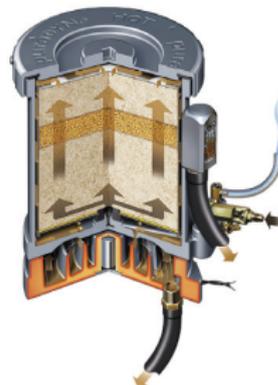
Introdução

- 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 finais
- 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)
- Ressonância magnética (MRI)
- Simulações físicas



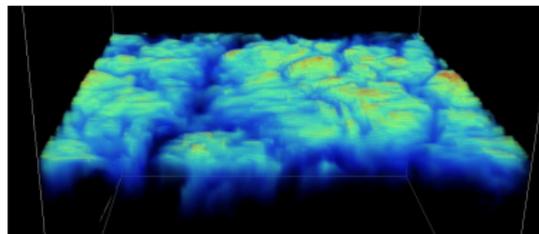
Renderização volumétrica

- 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



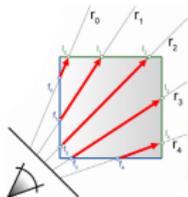
Renderização volumétrica

- 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.

$$cor_{raio} = \sum_{i=0}^n tf_{cor}(voxel_{intensidade}) \prod_j^{i-1} (1 - tf_{alpha}(voxel_{intensidade}))$$

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:

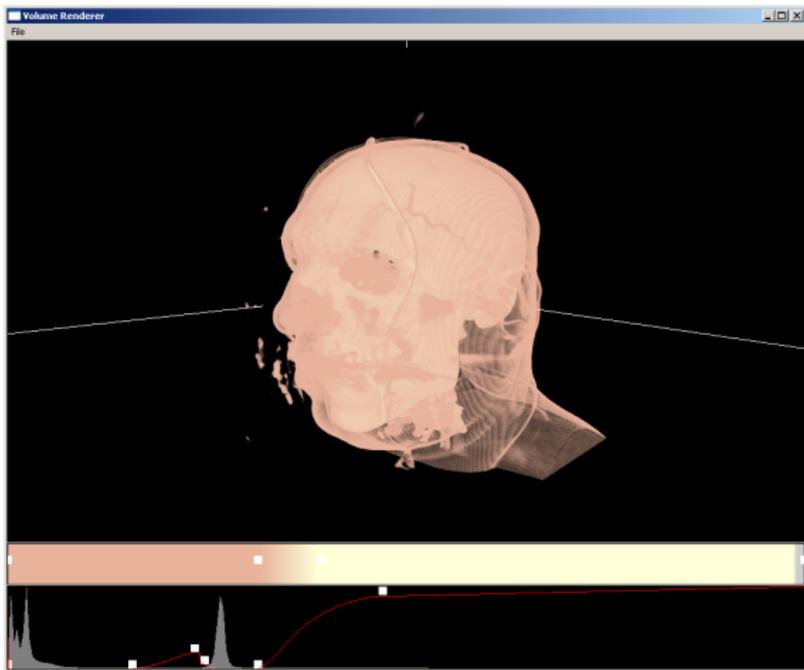


- Função de transferência de cor:



Função de transferência

■ Resultado:



Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization**
- 4 Resultados finais
- 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 ω :

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

- $M(x)$ 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.

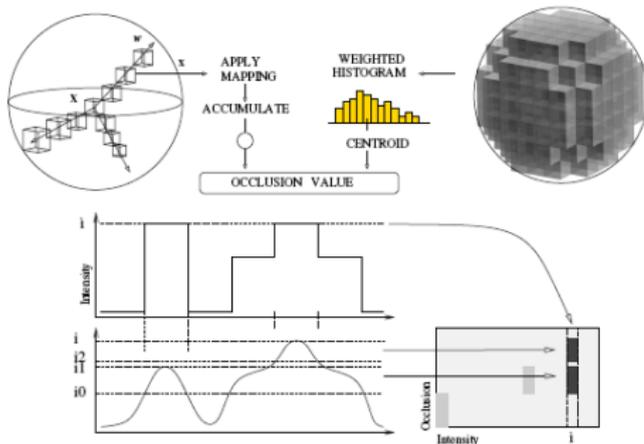
$$M(x) = \text{voxel}_{intensidade}(x)$$

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

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

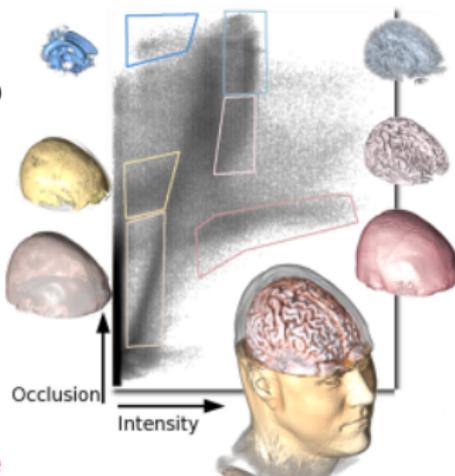
Occlusion spectrum

- 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:

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

- Um valor de τ_0 e τ_1 pode ser útil para separar dois tipos de intensidade, mas pode falhar para outros dois tipos. É preciso então utilizar vários valores de τ 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

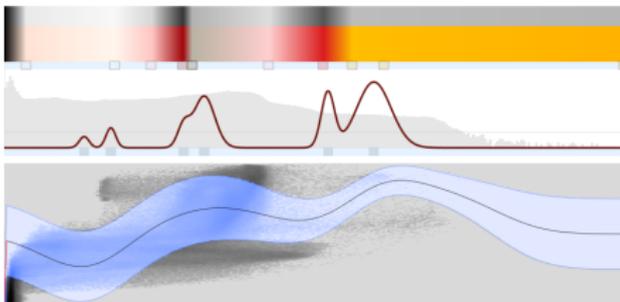
- A função de transferência 3 (levando-se em conta a oclusão) será dada por:

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

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

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

- Resultado:



Sumário:

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

Resultados finais

■ Feito:

- Implementação do renderizador volumétrico (OpenGL + IUP).
- Interação do usuário com as funções de transferência através da alteração de splines (*Catmull-Rom*).
- Implementação de um editor de funções de transferência (cor e opacidade).
- Implementação de um editor de funções de transferência (oclusão).
- Cálculo do *ambient occlusion volume* e *occlusion spectrum* (sem levar em consideração mapeamentos adaptativos).

Tela 1 (VisMale)

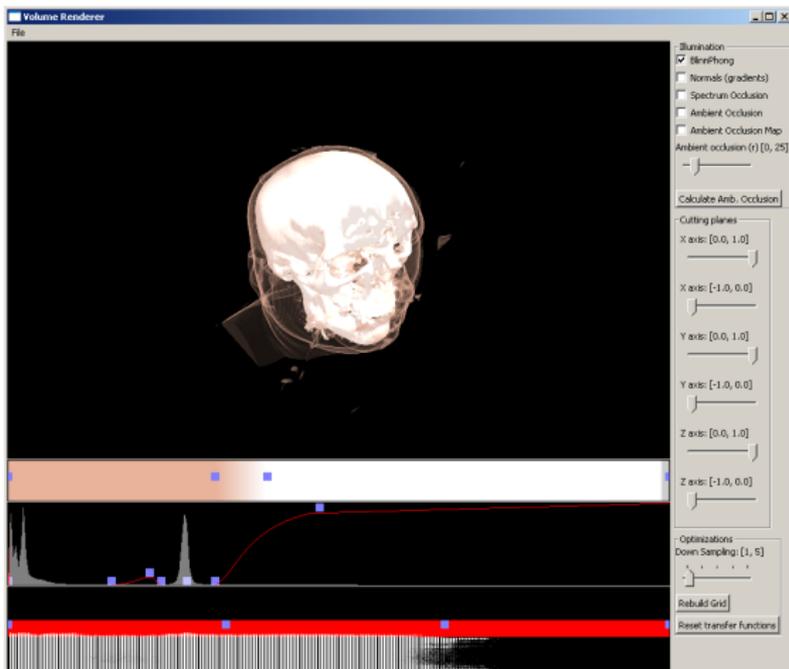


Figura: Volume sem *spectral occlusion*



Tela 2 (VisMale)

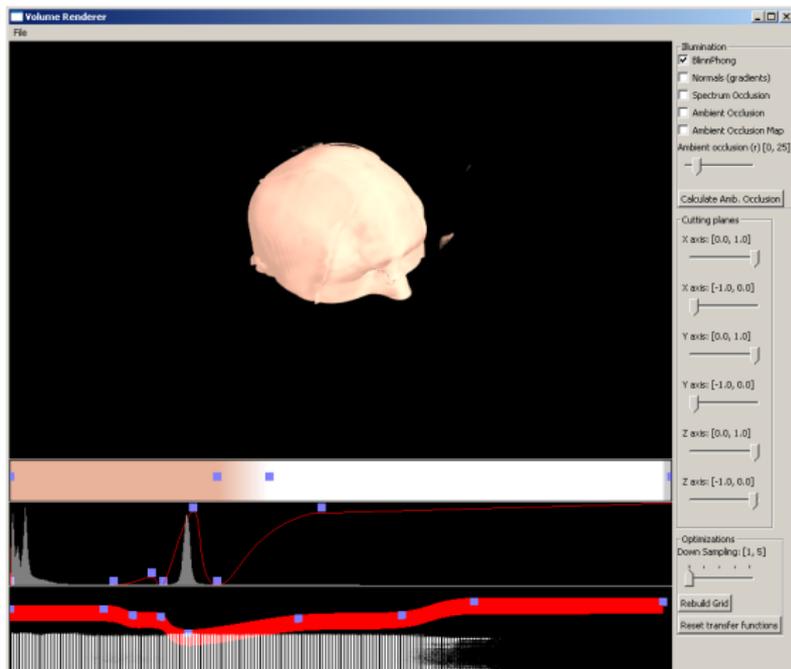


Figura: Seção do volume sem *spectral occlusion*



Tela 3 (VisMale)

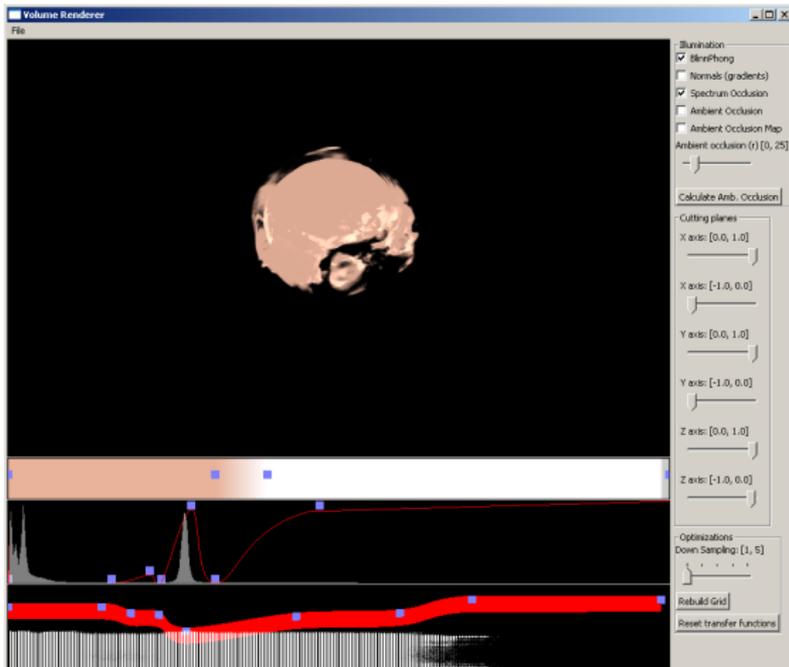


Figura: Seção do volume com *spectral occlusion*, destacando a parte interna do crânio



Tela 4 (VisMale)

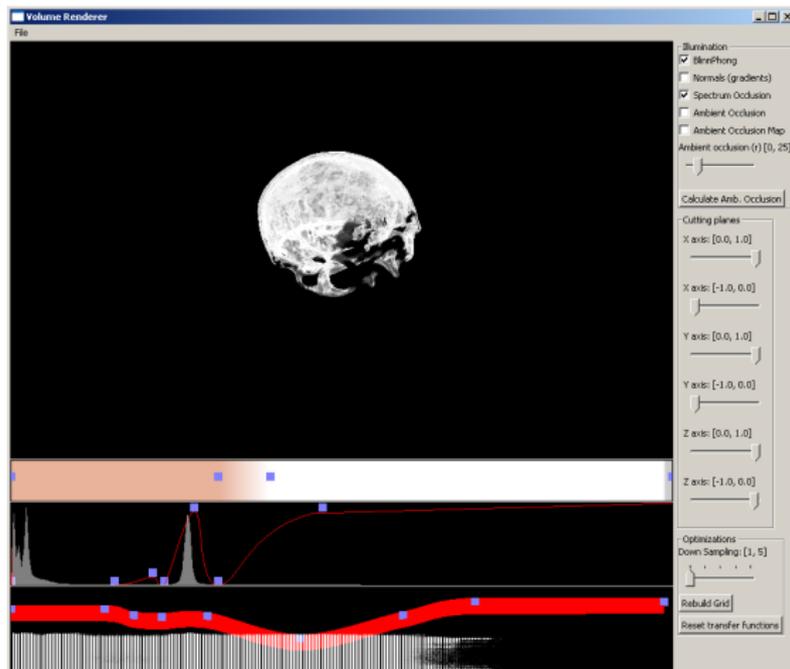


Figura: Seção do volume com *spectral occlusion*, destacando o crânio



Tela 1 (MRI-Head)

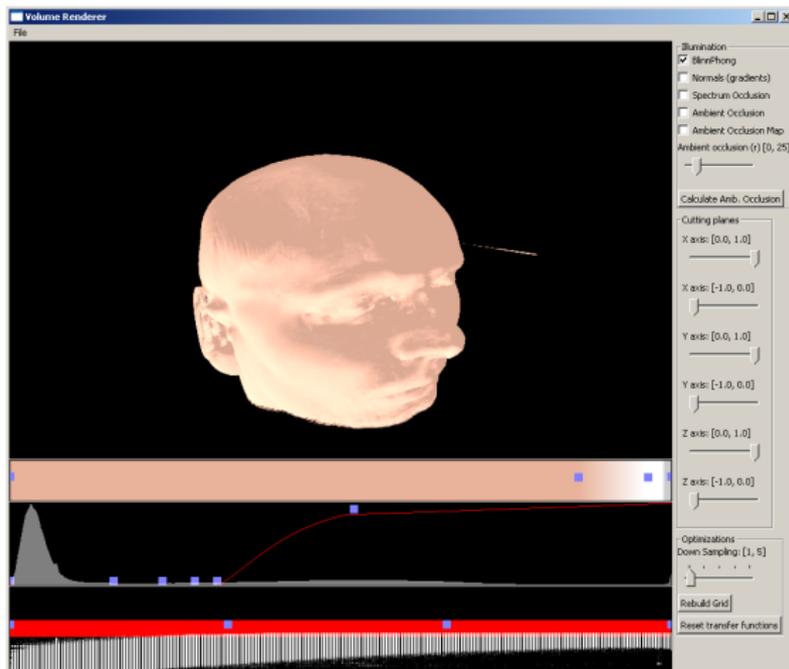


Figura: Volume sem *spectral occlusion*



Tela 2 (MRI-Head)

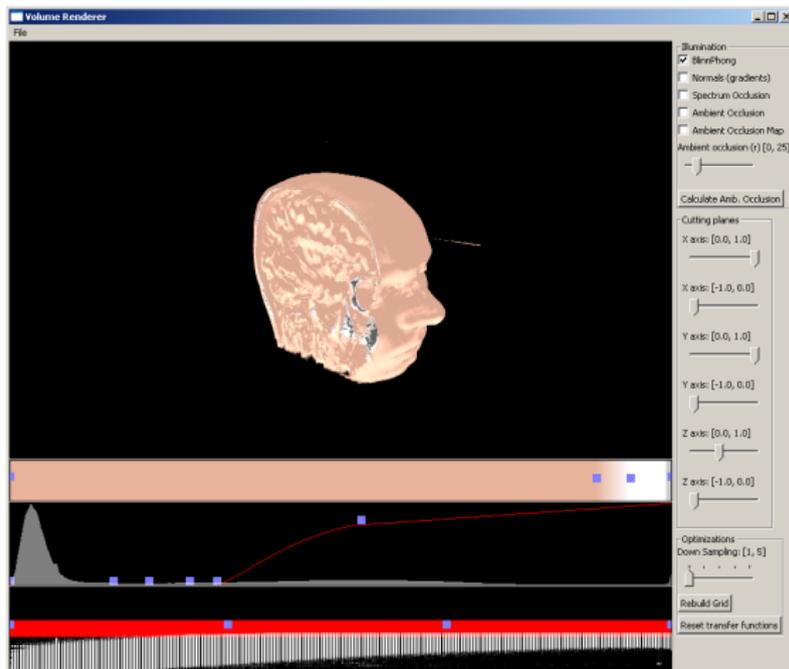


Figura: Seção do volume sem *spectral occlusion*



Tela 3 (MRI-Head)

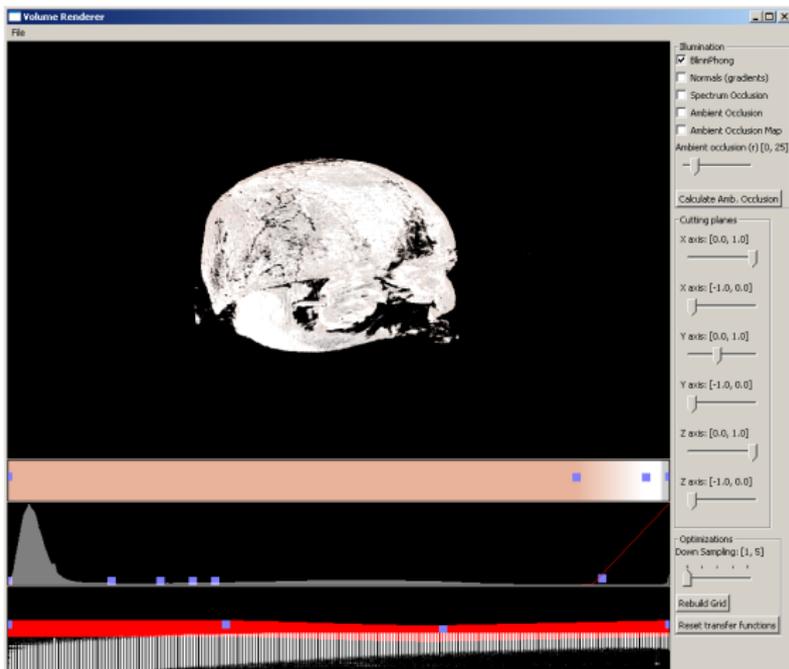


Figura: Seção do volume sem *spectral occlusion*, destacando o crânio



Tela 4 (MRI-Head)

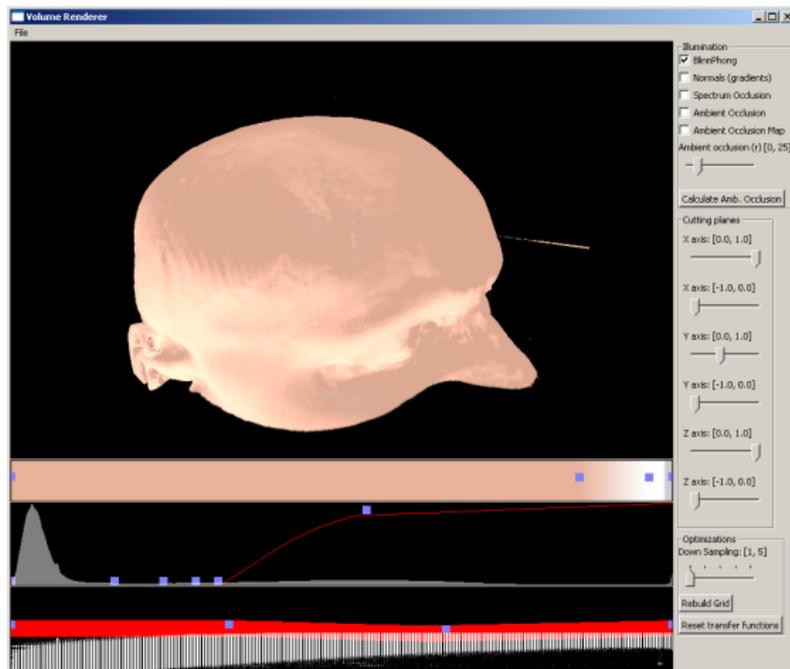


Figura: Seção do volume sem *spectral occlusion*



Tela 5 (MRI-Head)

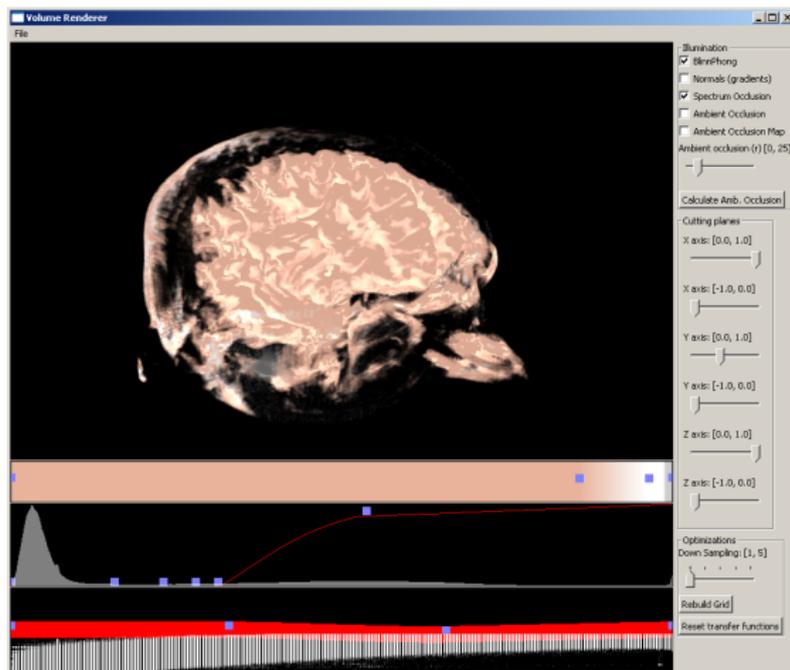


Figura: Seção do volume com *spectral occlusion*, destacando a parte interna do crânio



Sumário:

- 1 Introdução
- 2 Renderização volumétrica
- 3 The Occlusion Spectrum for Volume Classification and Visualization
- 4 Resultados finais
- 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 Bartoli, 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.