



Mauricio Kreczmarsky Guimarães Meinicke

**Opacidade 3D na Visualização Volumétrica
de Dados Sísmicos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica da PUC-Rio.

Orientadores: Marcelo de Andrade Dreux
Pedro Mário Cruz e Silva

Rio de Janeiro, abril de 2007



Mauricio Kreczmarsky Guimarães Meinicke

Opacidade 3D na Visualização Volumétrica de Dados Sísmicos

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marcelo de Andrade Dreux

Orientador

Departamento de Eng. Mecânica - PUC - Rio

Dr. Pedro Mário Cruz e Silva

Orientador

Tecgraf/PUC - Rio

Prof. Luiz Fernando Martha

Departamento de Eng. Civil - PUC - Rio

Prof. Marcelo Gattass

Departamento de Informática - PUC - Rio

Dr. Jurandyr Schmidt

Schmidt & Associados

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 13 de abril de 2007

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Mauricio Kreczmarsky Guimarães Meinicke

Graduou-se em Bacharelado em Matemática pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Kursou o mestrado no departamento de engenharia mecânica da PUC-Rio. Durante o seu mestrado participou de projetos do laboratório Tecgraf, no departamento de informática.

Ficha Catalográfica

Meinicke, Mauricio Kreczmarsky Guimarães

Opacidade 3D na visualização volumétrica de dados sísmicos / Mauricio Kreczmarsky Guimarães Meinicke ; orientador: Marcelo de Andrade Dreux ; co-orientador: Pedro Mário Cruz e Silva. – 2007.

65 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

1. Engenharia mecânica – Teses. 2. computação gráfica. 3. Opacidade. 4. Visualização volumétrica. 5.

CDD: 621

A toda minha família.

Agradecimentos

Aos meus pais pelo afago nas horas difíceis e pelas broncas quando necessário. A minha avó pela educação dada, por rir comigo nos momentos de alegria e pelo amparo nos momentos de dificuldade. A todos os meus familiares que torceram pelo meu sucesso nos meus estudos. A minha namorada Regina Kazumi por estar sempre ao meu lado.

Aos meus orientadores Marcelo de Andrade Dreux e Pedro Mário Cruz e Silva pela paciência, pelo voto de confiança e por toda a dedicação posta neste trabalho.

Aos professores do departamento de engenharia mecânica da PUC-Rio por oferecerem todo o apoio acadêmico necessário. Aos amigos de pós-graduação do departamento.

A todos os amigos do Tecgraf - Puc-Rio que de alguma forma participaram da minha vida acadêmica ao longo do mestrado. Um agradecimento especial a todos da equipe NeuralSis-BR e do v3o2, e em especial, ao Sérgio Álvares Maffra pela ajuda e pelas sugestões sempre muito bem vindas.

Aos amigos da TG (Tecnologia em Geofísica) da Petrobras que me acolheram durante o desenvolvimento deste trabalho, e em especial a Mauren Ruthner pela ajuda na área de geofísica.

Ao CNPq e a PUC-Rio pelo apoio financeiro sem o qual este trabalho não poderia ser realizado. A Petrobras pela autorização da publicação dos dados contidos no trabalho.

Resumo

Meinicke, Mauricio K. G.; Dreux, Marcelo; Silva, Pedro Mário C. **Opacidade 3D na Visualização Volumétrica de Dados Sísmicos**. Rio de Janeiro, 2007. 65p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho propõe uma técnica chamada de Opacidade 3D para visualização volumétrica de dados sísmicos. O grande desafio da visualização volumétrica é definir uma função de transferência multidimensional que melhor se adapte ao dado que se deseja visualizar. Será apresentada uma função de transferência que utiliza três tabelas de cores 1D para compor a uma tabela de cores 3D. O trabalho de Silva[30] sobre opacidade 2D serviu de motivação para o desenvolvimento da técnica de opacidade 3D e ao longo deste trabalho são feitas comparações entre ambos. São apresentados exemplos reproduzindo a opacidade 2D e outros mostrando como a técnica proposta pode auxiliar no estudo de determinados eventos sísmicos.

Palavras-chave

computação gráfica, opacidade, visualização volumétrica, função de transferência multidimensional, dados sísmicos

Abstract

Meinicke, Mauricio K. G.; Dreux, Marcelo; Silva, Pedro Mário C. **3D Opacity in Volume Rendering of Seismic Data**. Rio de Janeiro, 2007. 65p. M.Sc dissertation - Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work proposes a 3D opacity technique for the volume rendering of seismic data. The greater challenge of volume rendering is to define a multi-dimensional transfer function better adapted to the data to be visualized. This work presents a transfer function that uses three 1D color tables to compose a 3D color table. The work from Silva[30] about 2D opacity has served as a motivation for the development of the 3D opacity technique and, hence, some comparisons are made between them. Some examples are presented in order to reproduce the 2D opacity technique and to show how the proposed technique can improve the visualization of specific seismic events.

Keywords

computer graphics, opacity, volume rendering, multi-dimensional transfer function, seismic data

Sumário

1	Introdução	12
1.1.	Trabalhos Relacionados	13
1.2.	Estrutura da dissertação	15
2	Conceitos Básicos	17
2.1.	Conceitos Básicos de Sísmica	17
2.1.1.	Dados Sísmicos	17
2.1.2.	Atributos Sísmicos	18
2.1.3.	Decomposição Espectral	19
2.2.	Conceitos Básicos de Computação Gráfica	21
2.2.1.	<i>Fragment Program</i>	21
2.2.2.	Tabela de Cores 1D (<i>Lut 1D</i>)	23
2.2.3.	Visualização Volumétrica	24
2.2.4.	Função de Transferência	27
2.2.5.	Opacidade em Dados Sísmicos	28
3	Opacidade 3D	35
3.1.	Teoria da Opacidade 3D	35
3.2.	Implementação	39
3.2.1.	Construção das Texturas	40
3.2.2.	Consulta de Textura	41
3.2.3.	Combinação das cores	43
4	Resultados	47
4.1.	Exemplo 1 – Reprodução da Opacidade 2D	47
4.2.	Exemplo 2 – Utilização da Opacidade 3D no Dado Sintético	50
4.3.	Exemplo 3 – Utilização da Opacidade 3D em Dados Reais.	52
4.4.	Exemplo 4 – Opacidade 3D Utilizando a Decomposição Espectral	56
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	60

5.1. Conclusões	60
5.2. Trabalhos Futuros	61
6 Bibliografia	63

Lista de figuras

Figura 1 – Aquisição de um dado sísmico marítimo. Adaptado de [30]	18
Figura 2 – Exemplo de um espectro de amplitude	19
Figura 3 – <i>Pipeline</i> convencional do <i>OpenGL</i> . Adaptado de [7].	22
Figura 4 – <i>Pipeline</i> programável do <i>OpenGL 2.0</i> . Adaptado de [7]	23
Figura 5 – Exemplo de uma tabela de cores 1D	24
Figura 6 – Construção de um volume utilizando os <i>voxels</i> . Adaptado de [17]	25
Figura 7 – Visualização Volumétrica de um dado sísmico.	26
Figura 8 – Tabela de cores utilizada na visualização volumétrica do dado da Figura 7	27
Figura 9 – Evento sísmico sendo comparado com a sísmica a sua volta e a tabela de cores utilizada na visualização.	29
Figura 10 - Tabela de cores 1D	30
Figura 11 – Dado sintético Domo, reproduzido de [30]	30
Figura 12 – Histograma Amplitude x Fase Instantânea, reproduzido de [30]	32
Figura 13 – Domo utilizando a opacidade 2D, reproduzido de Silva[30].	33
Figura 14 - Comparação entre a opacidade 1D (a) e a opacidade 2D (b) em dados reais	34
Figura 15 – Multiplicação do canal alfa na opacidade 2D.	38
Figura 16 – Construção da textura tridimensional RGB (opacidade 2D).	41
Figura 17 – Consulta (fetch) de textura até a cor.	43
Figura 18 – Interface de edição da tabela de cores 3D com soma de canais	46
Figura 19 – Reprodução da opacidade 2D utilizando a opacidade 3D	48
Figura 20 – Reprodução da tabela de cores utilizada na Opacidade 1D	49
Figura 21 – Reprodução do histograma da Figura 12 utilizado para gerar a Figura 13	49
Figura 22 – (a) Opacidade 1D; (b) Opacidade 2D; (c) Opacidade 3D.	51
Figura 23 – Tabela de cores associada ao volume terciário.	52
Figura 24 – Resultado da opacidade 3D com dado real	53
Figura 25 – Reprodução da comparação entre a opacidade 1D (a) e a opacidade 2D (b)	54

Figura 26 – (a) Opacidade 1D; (b) Opacidade 2D; (c) Opacidade 3D	55
Figura 27 – Fatias no tempo. (a) Amplitude; (b) 10 Hz; (c) 18 Hz; (d) 26 Hz	57
Figura 28 – Uso da Opacidade 3D com a decomposição espectral	58
Figura 29 – Tabela de cores 3D que originou a Figura 28	59