



**Ricardo Szczerbacki**

**Uso de Técnicas Baseadas em Pontos para  
Visualização de Horizontes Sísmicos**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2009



**Ricardo Szczerbacki**

## **Uso de Técnicas Baseadas em Pontos para a Visualização de Horizontes Sísmicos**

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

**Prof. Marcelo Gattass**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Alberto Barbosa Raposo**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Anselmo Antunes Montenegro**

Universidade Federal Fluminense - UFF

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de fevereiro de 2009

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

### **Ricardo Szczerbacki**

Graduou-se em Informática na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Hoje trabalha na Petrobras, onde atua em atividades relacionadas com a aplicação de computação científica à área de exploração e produção de petróleo.

#### Ficha Catalográfica

Szczerbacki, Ricardo

Uso de Técnicas Baseadas em Pontos para Visualização de Horizontes Sísmicos / Ricardo Szczerbacki; orientador: Marcelo Gattass. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2009.

v., 50 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Visualização Científica. 3. Gráficos Baseados em Pontos. 4. Surface Splatting. 5. Horizontes Sísmicos.

I. Gattass, Marcelo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

À minha esposa Renata,  
pelo amor e pelo apoio incondicional

## Agradecimentos

Ao Luiz Alberto, da Petrobras, por todo o incentivo e suporte.

Ao Fernando Rodrigues, da Petrobras, por sempre oferecer as oportunidades e condições para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À Ivanise, da Petrobras, por todo o auxílio e atenção dispensados, nos últimos meses.

À Petrobras, por tornar possível esta realização.

Ao meu orientador, Professor Marcelo Gattass, pela paciência, pelo conhecimento compartilhado, pelo incentivo e apoio durante todo curso.

A todos os excepcionais professores da PUC-Rio, com quem tive o privilégio de aprender.

A todos os que tive a oportunidade de conhecer na Tecgraf, por todo o apoio.

Aos amigos e companheiros de mestrado e de Petrobras, Mario Pimenta e Righetto.

À minha família, por tudo.

## Resumo

Szczerbacki, Ricardo; Gattass, Marcelo. **Uso de Técnicas Baseadas em Pontos para Visualização de Horizontes Sísmicos**. Rio de Janeiro, 2009. 50p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A visualização de horizontes sísmicos constitui uma importante área de conhecimento amplamente aplicada na prospecção de hidrocarbonetos pela indústria do petróleo. Diferentes técnicas são atualmente empregadas na apresentação destas superfícies, sendo usualmente utilizadas as soluções baseadas na geração de malhas poligonais, que se beneficiam da otimização das placas gráficas atuais no desenho de triângulos. Este trabalho faz uma avaliação do uso da renderização baseada em pontos, no lugar de polígonos, para a visualização de horizontes sísmicos. Para isso as técnicas de cada etapa do processo são avaliadas, levando-se em conta a natureza específica dos dados de interpretação de horizontes em volumes sísmicos e o resultado final esperado para a visualização deste tipo de dados. O algoritmo utilizado baseia-se no método conhecido como *Surface Splatting* para a renderização dos pontos originais, sendo estudados a estruturação apropriada para os dados a serem visualizados, a técnica para obtenção de normais, a abordagem adequada para o cálculo da iluminação e mecanismos adicionais necessários ao processo. Resultados da aplicação do método em dados reais são, ao final do trabalho, analisados e comparados à renderização tradicional para os horizontes avaliados.

## Palavras-chave

Visualização Científica. Gráficos Baseados em Pontos. Surface Splatting. Horizontes Sísmicos.

## Abstract

Szczerbacki, Ricardo; Gattass, Marcelo (Advisor). **Using Point Based Techniques for Seismic Horizons Visualization**. Rio de Janeiro, 2009. 50p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Seismic horizon visualization stands as an important knowledge area used to support exploration on the oil industry. Different techniques currently employed to render this kind of surfaces are usually based on polygonal meshes generation, which benefits from graphics boards optimization on drawing triangles. This work is an evaluation of Point Based rendering techniques to replace polygonal approaches in seismic horizons visualization. To do so, this study revisits each stage of the seismic visualization process. The algorithm adopted here is based on the Surface Splatting with the EWA filter. This work also presents a study on normal evaluation and data structures to store points and normal. Special care is taken in shading techniques. The implementation yielded results that are used to support the evaluation of the Point Based Techniques on real 3D Seismic data. Traditional triangle based rendering is also presented to compare results.

## Keywords

Scientific Visualization. Point Based Graphics. Surface Splatting. Seismic Horizons.

## Sumário

1	Introdução	12
1.1	Sísmica de Reflexão	12
1.2	Horizontes Sísmicos	14
1.3	Técnicas de Visualização	15
1.4	Histórico da Visualização Baseada em Pontos	16
1.5	Organização e Objetivos	18
2	Detalhamento do Processo Adotado	20
2.1	<i>Surface Splatting</i>	20
2.2	Origem dos Dados	24
2.3	Organização de Dados	24
2.4	<i>Frustum Culling</i>	27
2.5	<i>Back Face Splats</i>	30
2.6	Cálculo de Normais	31
2.7	Estratégia de Iluminação	34
2.8	Algoritmo Implementado	36
3	Resultados	40
3.1	Distância <i>versus</i> Qualidade	41
3.2	<i>Deferred Shading versus Shading por Splat</i>	42
3.3	Pontos <i>versus</i> Poligonal	43
4	Conclusão	45
4.1	Trabalhos Futuros	46
	Referências Bibliográficas	47

## Lista de figuras

1.1	Esquema de levantamento sísmico marítimo	12
1.2	Cubo de dados sísmicos (Thomas04)	14
1.3	Horizontes em uma seção sísmica, adaptado de (Lyle02)	15
1.4	Horizonte sísmico 3D com seções sísmicas e poços de produção (Evans03)	15
1.5	Linha do tempo, com contribuições para a Visualização Baseada em Pontos, desde as primeiras abordagens.	16
2.1	Nuvem de pontos de um horizonte sísmico 3D interpretado (fundo do mar).	20
2.2	Parametrização 2D e área de influência de um conjunto de pontos, adaptado de (Zwicker01)	21
2.3	Aplicação de filtro de reconstrução	22
2.4	Exemplo de decomposição em blocos de uma octree e sua representação como árvore, onde as folhas brancas representam regiões sem pontos e as pretas regiões com pontos, adaptado de (Samet89)	25
2.5	Exemplo de uma kd-tree e sua representação como árvore, adaptado de (Samet89)	26
2.6	Exemplo de um <i>frustum</i> de visualização que contém apenas uma pequena parte de uma superfície em sua região visível.	27
2.7	a) A <i>bounding box</i> está fora do <i>view frustum</i> ; b) A <i>bounding box</i> está dentro do <i>view frustum</i> ; c) A <i>bounding box</i> faz interseção com o <i>view frustum</i> .	27
2.8	a) Após a primeira iteração: são verificadas as <i>bounding boxes</i> dos 2 filhos do nó raiz; b) Após diversas iterações, onde as regiões em cinza são estão fora do <i>frustum</i> (serão descartadas), as regiões verdes estão dentro (serão processadas) e as regiões em azul têm interseção com o <i>frustum</i> (serão recursivamente iteradas).	28
2.9	a) centro do <i>splat</i> está fora do <i>frustum</i> , mas <i>splat</i> deveria ser desenhado; b) Após aplicação do <i>frustum</i> , centro do <i>splat</i> passa a estar dentro do <i>frustum</i> .	28
2.10	Identificação da face do <i>splat</i> voltada para a câmera.	30
2.11	<i>Plane fitting</i> ponderado: busca de coeficientes do plano (A, B, C, D) que minimizam as distâncias dos pontos ao plano ( $d_1, d_2, d_3, \dots$ ), através de otimização por mínimos quadrados, ponderados pela distância ao ponto central. Quanto maior a distância do ponto ao ponto central ( $l_{12}, l_{13}, l_{14}, \dots$ ), menor o peso no cálculo. Coeficientes lineares do plano (A, B, C) compõem a aproximação da normal no ponto central $d_1$ .	32
2.12	Ponto central e sua vizinhança. Na figura da esquerda, os pontos estão distribuídos de forma regular. Na figura da direita a distribuição é irregular.	33
2.13	Normais calculadas para pontos de um horizonte sísmico interpretado	34
2.14	Para o <i>splat</i> central é encontrada a sua vizinhança, e então calculados o tamanho do <i>splat</i> e sua normal	36

2.15	Tamanhos e normais de todos os <i>splats</i> de uma superfície	36
3.1	Visualização de H1, de uma posição afastada	41
3.2	Visualização de H1, de uma posição próxima	41
3.3	Visualização de H1, de uma posição muito próxima	41
3.4	Visualização de H2, de uma posição afastada, utilizando <i>deferred shading</i>	42
3.5	Visualização de H2, de uma posição afastada, utilizando <i>shading</i> por <i>splat</i>	42
3.6	Visualização de H2, de uma posição próxima, utilizando <i>deferred shading</i>	42
3.7	Visualização de H2, de uma posição próxima, utilizando <i>shading</i> por <i>splat</i>	42
3.8	Visualização de H2, de uma posição afastada, utilizando <i>Surface Splatting</i>	43
3.9	Visualização de H2, de uma posição afastada, utilizando o método convencional	43
3.10	Visualização de H2, de uma posição próxima, com <i>Surface Splatting</i>	43
3.11	Visualização de H2, de uma posição próxima, com o método convencional	43

## Lista de tabelas

2.1	Estrutura do <i>splat</i> armazenado	24
2.2	Planos que delimitam o <i>frustum</i>	29
3.1	Arquivos XYZ utilizados	40