



Algemeiro Augusto da Silva Neto

**Uma abordagem baseada em SPH para
animação interativa de águas rasas em jogos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Informática do Departamento de Informática
da PUC-Rio

Orientador: Prof. Waldemar Celes

Rio de Janeiro
Dezembro de 2008



Algemeiro Augusto da Silva Neto

**Uma abordagem baseada em SPH para
animação interativa de águas rasas em jogos**

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

Prof. Waldemar Celes

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Marcelo Gattass

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Luiz Henrique de Figueiredo

IMPA

Prof. Ivan Menezes

PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico -
PUC-Rio

Rio de Janeiro, 5 de Dezembro de 2008

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

Algemiro Augusto da Silva Neto

Graduou-se em Informática pelo Instituto Superior de Tecnologia de Petrópolis em 2004. Foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq no Laboratório Nacional de Computação Científica onde desenvolveu um sistema de visualização em Hemodinâmica e atuou em pesquisas na área de animação de fluidos. Durante o mestrado foi bolsista CAPES.

Ficha Catalográfica

Silva Neto, Algemiro Augusto da

Uma abordagem baseada em SPH para animação interativa de águas rasas em jogos / Algemiro Augusto da Silva Neto ; orientador: Waldemar Celes. – 2008.

40 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. SPH. 3. Animação. 4. Simulação de Fluidos. 5. Águas rasas. 6. DFC. I. Celes, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores com os quais aprendi ao longo dos anos. Ao meu orientador Waldemar Celes, pela paciência e disponibilidade com a qual me orientou durante o Mestrado. Ao professor Marcelo Gattass, pelo apoio com o qual sempre pude contar. Aos amigos Alexandre Gazola, Fábio Guerra, Silvan Luís, Isabelle Desbois e a todos os amigos que fiz no Mestrado. Aos meus grandes amigos Diego Mazala e Bruno Correia, com os quais percorri o mesmo caminho acadêmico desde a Iniciação Científica. Aos companheiros de república pela companhia e, em especial, à Luciana Correia pelas conversas sobre cálculo e modelagem. Ao professor Antônio Lopes pelas dicas técnicas. Um agradecimento especial aos professores Paulo Sérgio Rodrigues e Gilson Giraldi por todo o apoio, paciência, disponibilidade e conselhos acadêmicos desde a orientação na iniciação científica e por contribuírem de maneira fundamental em minha carreira acadêmica. Aos meus pais pelo apoio e confiança. A Deus, pois sem ele nada teria sido possível. À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos.

Resumo

Silva Neto, Algemiro Augusto da; Celes, Waldemar. **Uma abordagem baseada em SPH para animação interativa de águas rasas em jogos.** Rio de Janeiro, 2008. 40p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio do Janeiro.

Neste trabalho, é apresentada uma abordagem para animação de águas rasas em aplicações interativas baseada em um modelo físico. Para a simulação, foi empregado o método Lagrangeano conhecido como *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH). Com base no trabalho de Muller et al. (Muller et al., 2003), que utilizou SPH em Computação Gráfica, e no trabalho de Rodriguez-Paz e Bonet (Rodriguez-Paz; Bonet, 2005) que propõe uma variação deste método para a simulação de águas rasas em aplicações de engenharia, propomos uma abordagem simples e eficiente para a simulação de águas rasas em jogos sob a influência de terrenos acidentados.

Palavras-chave

SPH. Animação. Simulação de Fluidos. Águas rasas. DFC.

Abstract

Silva Neto, Algemiro Augusto da; Celes, Waldemar. **A SPH based approach to interactive animation of shallow-water on games** . Rio de Janeiro, 2008. 40p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio do Janeiro.

In this work is presented an approach to shallow-water animation on interactive applications based on a physic model. For the simulation, was employed a Lagrangian method known as Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH). Based on the work of Muller et al. (Muller et al., 2003), which applied SPH in Computer Graphics, and on the work of Rodriguez-Paz (Rodriguez-Paz; Bonet, 2005), which proposes a variation of this method to shallow-water simulation on engineering applications, we have proposed a simple and efficient approach for shallow-water simulation on games under the influence of irregular terrains.

Keywords

SPH. Animation. Fluid Simulation. Shallow-waters. CFD.

Sumário

1	Introdução	9
1.1	Motivação	9
1.2	Objetivo	11
1.3	Organização da dissertação	11
2	Trabalhos relacionados	12
2.1	Métodos para animação de fluidos	12
3	Animação de fluidos com SPH	17
3.1	Navier-Stokes em animação de fluidos	17
3.2	Navier-Stokes e SPH	18
3.3	Simulação	22
4	Abordagem proposta	23
4.1	Domínio do problema	23
4.2	Combinação dos modelos	24
4.3	Funções de suavização	26
4.4	Implementação	27
5	Resultados e discussão	29
5.1	Rompimento de barragem em canal retangular	29
5.2	Barragem cilíndrica	31
5.3	Influência do terreno	31
6	Conclusões e trabalhos futuros	35

Lista de figuras

4.1	Domínio de simulação de águas rasas.	24
4.2	Visão geral do processo.	28
5.1	Dimensões do problema (Visão Superior).	29
5.2	Variação da altura h_t em $x = 2\text{m}$ para o caso de rompimento de barragem. Dimensões do fluido: $2 \times 1 \times 0.5\text{ m}$, Raio do Kernel: 0.1	30
5.3	Comparação entre o resultado de (Rodríguez-Paz; Bonet, 2005) e a solução analítica para altura do fluido em $x = 2\text{m}$. (Figura extraída de (Rodríguez-Paz; Bonet, 2005))	30
5.4	Quebra de barragem vertical. Dimensões do fluido: $2 \times 1 \times 0.5\text{ m}$. A coloração varia de acordo com a altura do fluido durante sua evolução.	31
5.5	Quebra de barragem vertical. 3 instantes de uma simulação com 1500 partículas a 15Fps.	32
5.6	Vista superior de um rompimento de barragem cilíndrica com 600 partículas.	32
5.7	Fluido confinado em uma calha (2000 partículas - 13Fps). A cor das partículas de fluido varia em função da altura da coluna de água.	33
5.8	Avaliação do comportamento do fluido em terreno plano. (1000 partículas - 30Fps)	34
5.9	Visualização da superfície do fluido. Simulação com 2K partículas.	34