

# 1 Introdução

## 1.1 Motivação

Animação Computacional é um segmento da computação gráfica de intensas pesquisas pelas suas aplicações em áreas como, educação, interação humano-computador e, principalmente, na indústria de entretenimento. Nesse contexto, além da produção de efeitos especiais, há um interesse em reproduzir elementos presentes na natureza. Dentre tais elementos, destacamos os fluidos. Considerando que os fluidos são sistemas com um número elevado de graus de liberdade, animá-los com realismo satisfatório por meio de métodos puramente geométricos torna-se uma tarefa difícil (Giraldi et al., 2005). Dessa forma, animações onde elementos de uma cena obedecem a princípios físicos têm despertado grande interesse da comunidade pelo grau de realismo que podem obter. Esta área, também denominada Modelagem Baseada em Física (*Physics Based Modeling*), envolve conhecimentos, tanto de modelagem computacional quanto de computação gráfica.

Seguindo este princípio, métodos em Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD - *Computational Fluid Dynamics*) vêm sendo empregados para gerar animações envolvendo fluidos. Tais métodos são aplicados na solução numérica das equações diferenciais que regem o comportamento do fluido. Essas equações descrevem as leis de conservação da mecânica do contínuo (conservação de massa, de energia e da quantidade de movimento) e muitas vezes não apresentam solução analítica. Daí a necessidade de métodos numéricos para discretizar o problema e obter uma solução com um nível de aproximação aceitável.

O nível de precisão da solução deve variar de acordo com a aplicação. A simulação computacional para fins de análise ou estudo de fenômenos físicos envolvendo fluidos exige modelos físicos e numéricos complexos e alto grau de precisão. No entanto, para fins de animação em aplicações de realidade virtual, filmes, jogos e simuladores, podem ser empregados modelos mais simples e um menor grau de precisão, desde que isso não comprometa o realismo visual da animação, visando simulações em tempo real.

Dentre os fenômenos físicos envolvendo fluidos, um dos que despertam maior interesse, tanto em engenharia quanto em animação, é o escoamento de fluidos sobre terrenos. Na engenharia, a simulação desse fenômeno é interessante para o estudo do transporte de sedimentos, risco de inundações ou de fluxo de detritos, por exemplo. Em animação, há um interesse em representar, de maneira convincente, os efeitos gerados pelo escoamento, tais como a formação de rios, lagos e quedas d'água. A busca por métodos que executem essas tarefas de maneira satisfatória tem motivado intensas pesquisas nesta área (Kipfer; Westermann, 2006) (Maes et al., 2006).

Este tipo de animação exige métodos de simulação com tratamento espacial adequado. Segundo Maes et al. (2006), abordagens tradicionais, baseadas em malha, não são espacialmente eficientes na simulação de escoamentos sobre terrenos. Uma vez que terrenos podem ser altamente irregulares, a malha que discretiza o fluido pode gastar espaço de armazenamento para regiões do domínio que nunca contêm água. Métodos alternativos, utilizando malhas adaptativas (Losasso et al., 2004), colunas d'água (Maes et al., 2006) ou partículas (Kipfer; Westermann, 2006), têm sido propostos com o intuito de amenizar ou eliminar tal problema.

Com relação ao modelo físico, boa parte dos métodos propostos para simulação de escoamento utiliza as equações de águas rasas (Kass; Miller, 1990; Hagen et al., 2005) para gerar um campo de altura que represente a superfície do fluido.

Em (Rodriguez-Paz; Bonet, 2005) é apresentado um método baseado em partículas para simulação de escoamentos sobre terrenos. Este método consiste em uma variação do método SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*) para lidar com as equações de águas rasas. Esta variação incorpora propriedades do terreno como gradiente e curvatura na formulação. Neste trabalho, nos referimos a esta variação específica do SPH como SW-SPH (*Shallow Water - SPH*). O SPH é um método Lagrangeano bastante difundido na comunidade de computação gráfica, principalmente, após o trabalho de Muller et al. (Muller et al., 2003), que propôs uma abordagem para animação interativa de fluidos utilizando este método.

O SW-SPH foi proposto com o objetivo de representar com precisão fenômenos de fluxo sobre terrenos não uniformes e com altos gradientes em aplicações de engenharia. Uma vez que o SW-SPH foi desenvolvido visando a precisão dos resultados, sua utilização em aplicações gráficas interativas constitui um desafio sob o ponto de vista computacional. Isso se deve ao fato de que algumas características do método o tornam mais custoso do que métodos menos precisos como o proposto por Muller et al. (2003). A principal delas é a utilização de núcleos de interpolação com suporte variável ( $h$  variável). Por outro lado, é grande a demanda por realismo visual em Computação Gráfica. Sendo assim, a utilização de métodos precisos torna-se in-

interessante, principalmente em aplicações que não exigem interatividade como na produção de efeitos visuais para a indústria do cinema.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema capaz de produzir animações interativas de águas rasas para jogos utilizando o método SPH. Para isso, combinaremos o modelo de animação interativa apresentado em (Muller et al., 2003) com as idéias propostas por Rodriguez-Paz e Bonet (2005) que incorporam o terreno na formulação do SPH. Com isso, espera-se obter uma abordagem adequada à animação de escoamentos sobre terrenos e também à animação de pequenos volumes de fluido, como poças d'água.

## **1.3 Organização da dissertação**

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: No Capítulo 2 apresentamos alguns trabalhos relacionados à simulação de fluidos. No Capítulo 3, damos uma breve descrição dos fundamentos do método SPH e apresentamos como este método foi utilizado em (Muller et al., 2003) para animação de fluidos em aplicações interativas. Em seguida, no Capítulo 4, descrevemos a abordagem proposta para simulação de águas rasas com SPH e a implementação do sistema. Nos capítulos 5 e 6 são apresentados os resultados, conclusões e trabalhos futuros.