

8

Conclusão e trabalhos futuros

Nessa tese foram apresentados novos métodos de simulação física de fluidos viscoplásticos e multifásicos baseados na aproximação SPH das equações de Navier–Stokes.

Na simulação de fluidos viscoplásticos foi introduzida uma versão SPH do modelo de Fluido Newtoniano Generalizado. A flexibilidade desse modelo nos permitiu simular deformações plásticas assim como derretimento de objetos sólidos de forma visualmente realística. Também foi apresentada uma nova forma de impor condição de fronteira em sistemas SPH de natureza puramente geométrica dado por um simples teste de colisão. O teste de colisão capturou muito bem a influência de objetos sólidos nos fluidos, como por exemplo, na simulação de escoamento de lava sobre um terreno inclinado. A estabilidade numérica do método foi melhorada com a introdução de novas ferramentas numéricas e por uma nova aproximação SPH do operador laplaciano para o cálculo da equação do calor. A qualidade do método foi ilustrada através de exemplos simples que assemelham com a intuição física, tornando o método proposto ideal para animações e simulações de fluidos não-newtonianos.

Depois, foi introduzido um novo método híbrido que acopla SPH com o método de diferenças finitas para simular fluidos multifásicos. A combinação dessas duas técnicas de características tão distintas foi feita de forma elegante e eficiente. A incompressibilidade do SPH foi preservada através do cálculo implícito de uma equação de Poisson da pressão. Esse cálculo da pressão fez com que fosse eliminado o uso da velocidade do som na condição de estabilidade CFL permitindo que as partículas se desloquem através de um passo de tempo maior. Foi observado que, mesmo com o uso de passos de tempo maiores, o método conseguiu capturar a vorticidade gerada pela mistura “turbulenta” entre os fluidos de densidades distintas. A utilização do grid para discretizar a equação de Poisson nos possibilitou gerar sistemas lineares de baixas dimensões, isso se deve ao fato do grid não depender da posição e nem do número de partículas SPH. Foi testado o método híbrido em fenômenos como instabilidade de Rayleigh–Taylor e da hidrodinâmica de uma gota, a validação do método se deu de maneira satisfatória, pois o método reproduziu

bem o crescimento não-linear dessas instabilidades.

Essa tese pode ser estendida em várias direções. Do lado físico, podemos simular outras classes de fluidos não-newtonianos como os fluidos viscoelásticos. Acreditamos que pode ser melhorada a eficiência do método viscoplástico utilizando partículas que se adaptem de acordo com a força exercida sobre os objetos. Podemos utilizar outras técnicas de captura de superfície livre tais como level-sets e splatting. A visualização pode ser completada através do uso de um processo de síntese de textura dinâmica para objetos deformáveis [73]. O método híbrido pode ser naturalmente estendido para simulações 3D e simulações de fluidos miscíveis. Além disso, podemos melhorar a interpolação da pressão nas partículas, uso de um método iterativo mais sofisticado como o método do gradiente conjugado para resolver a equação de Poisson, assim como o cálculo explícito da tensão superficial. Finalmente, a não conectividade entre as partículas SPH permite que futuramente possamos paralelizar os nossos algoritmos e aumentar consideravelmente o número de partículas em nossas simulações. Além disso, podemos portar os nossos códigos com objetivo de utilizar os recursos eficientes e altamente paralelizáveis das placas gráficas através da GPU (Graphics Processing Unit) e o recente microprocessador dedicado a efeitos físicos desenvolvido pela AGEIA Technologies conhecido como *Physics Processing Unit* (PPU) (<http://www.ageia.com>).