

Animação de fumaça em malhas não-estruturadas usando o método RBF-FD

Gabriel L. da Silva,¹ Afonso Paiva²

ICMC-USP, São Carlos, SP

Paulo Pagliosa³

FACOM-UFMS, Campo Grande, MS

A indústria do entretenimento (por exemplo, *games* e filmes) tem grande interesse em simulações de escoamento de fluidos para produzir animações de um fenômeno físico e integrá-las em seus respectivos produtos. Em geral, animações baseadas em física tendem a apresentar resultados visualmente realísticos e convincentes, podendo levar uma pessoa leiga na área a confundir uma gravação real com uma simulação computacional [1].

O comportamento de fluidos no mundo real é descrito de maneira contínua por meio das equações de Navier-Stokes (ENS) que modelam o escoamento de fluidos incompressíveis. Quando se vai discretizar este fenômeno para simular computacionalmente, é necessário realizar um passo de discretização do domínio espacial. A abordagem lagrangiana discretiza o espaço em partículas que representam o volume do fluido. Já a abordagem euleriana discretiza o domínio espacial em uma malha poligonal, entretanto, essa malha pode ser estruturada e não-estruturada (Figura 1).

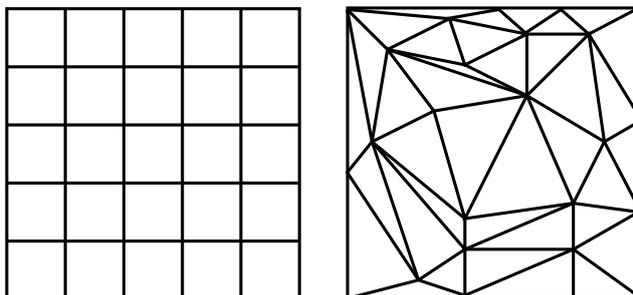


Figura 1: Tipos de malha: malha estruturada (esquerda) e malha não-estruturada (direita)

Para resolver essas equações, precisamos escolher um método numérico para calcular os operadores diferenciais. O método de diferenças finitas (FD) utilizado por Stam [2, 3], é restrito a grids regulares. Além disso, este método não possui uma precisão de alta ordem e, conseqüentemente, produz resultados com alta dissipação numérica. O método de volumes finitos, utilizado em [4], não tem restrição de malha. Entretanto, esse método ainda sofre com a dissipação numérica.

Neste trabalho propomos estender o método introduzido por Stam [2] utilizando malhas não-estruturadas e um método numérico sem malha que fornece uma aproximação de alta ordem [5], isto é, mais resiliente a dissipação numérica. Nosso método utiliza uma generalização de FD através de interpolações baseadas em Funções de Base Radial, do inglês *Radial Basis Function* (RBF), e assim discretizar os operadores diferenciais presentes nas ENS. Nosso método apresentou uma

¹gabriel.l.silva@usp.br

²apneto@icmc.usp.br

³pagliosa@facom.ufms.br

simulação com mais detalhes (por exemplo, vórtices) e menor dissipação numérica em relação ao trabalhos anteriores [2–4] (veja Figura 2). Como trabalho futuro, pretendemos expandir o trabalho para fronteiras arbitrárias, aproveitando a liberdade proporcionada pelo método RBF-FD.

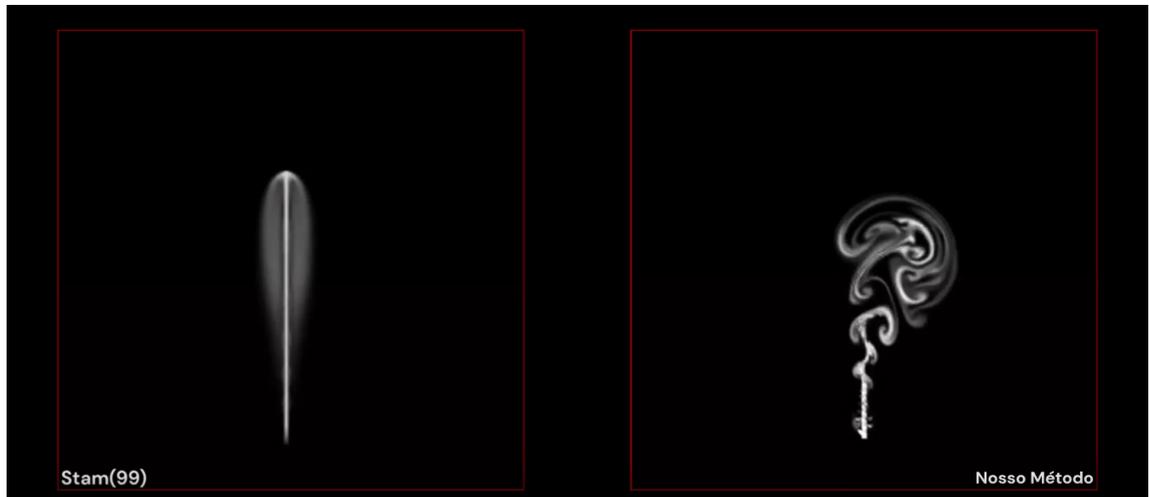


Figura 2: Simulação de um jato de fumaça sendo inserida com velocidade inicial para cima. Comparação com método proposto por Stam [2] (esquerda) com o nosso método utilizando RBF-FD (direita).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Referências

- [1] G. Gong, L. Han e Z. Huang. “Physically-based smoke simulation for computer graphics: a survey”. Em: **Multimedia Tools and Applications** 74 (18 2015), pp. 7569–7594. ISSN: 15737721. DOI: 10.1007/s11042-014-1992-4.
- [2] J. Stam. “Stable fluids”. Em: **Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH 1999** (1999), pp. 121–128. DOI: 10.1145/311535.311548.
- [3] J. Stam. “Real-Time Fluid Dynamics for Games”. Em: **Proceedings of the Game Developer Conference** 18 (11 2003), p. 17. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.12.6736&rep=rep1&type=pdf>.
- [4] B. E. Feldman, B. M. Klingner e J. F. O’Brien. “Animating gases with hybrid meshes”. Em: (2005), p. 904. DOI: 10.1145/1186822.1073281.
- [5] R. Campos, R. Nakanishi, F. Nascimento, P. Pagliosa e A. Paiva. “RBF liquids: An Adaptive PIC Solver Using RBF-FD”. Em: **ACM Transactions on Graphics** 39 (6 nov. de 2020). ISSN: 15577368. DOI: 10.1145/3414685.3417794.