Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise da Influência da Desordem das Partículas na Precisão dos Operadores SPH

Luciano P. da Silva¹

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCT/UNESP-PP

Messias Meneguette Jr²

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCT/UNESP-PP

Atualmente, devido ao grande avanço tecnológico o uso dos métodos de partículas vêm ganhando espaço nas simulações de escoamento de fluido. O primeiro método de partículas desenvolvido foi o *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH) para simular problemas astrofísicos. Desde então tem sido estudado e melhorado para ser aplicado em uma variedade de problemas, incluindo as equações de Navier-Stokes.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a consistência do método SPH que, como sabido, ao ser aplicado necessita de aproximações para os operadores Gradiente, Divergente e Laplaciano. A utilização do método das partículas para modelar problemas matemáticos acontece em praticamente todas as áreas, mas sua análise continua sendo objeto de estudos em crescente atividade na comunidade acadêmica. Na prática há movimentação das partículas, mas a análise da consistência é feita para problemas testes considerando partículas fixas.

O diferencial proposto, é a utilização de partículas fixas mas desordenadas, ou seja, que estão espacialmente dispostas de forma randômica, e não mais uniformemente distribuídas. São efetuados vários testes visando verificar a influência de uma dada desordem, o comprimento de suavização e um número crescente de partículas, para os operadores SPH (Gradiente e Laplaciano). No trabalho, considera-se primeiramente a desordem canônica, conforme [2], que especifica uma reconfiguração de partículas uniformemente distribuídas por meio de uma perturbação leve que muda randomicamente a posição de cada uma das partículas. Após, considera-se o caso de uma distribuição randômica, ou seja, a desordem advém de posições geradas aleatoriamente; comparações são efetuadas com a canônica para um mesmo número de partículas. Os testes de consistência são então realizados.

A consistência é comumente estudada por meio de uma distribuição uniforme das partículas, de certa forma, equivalente a uma malha regular. Na pratica dificilmente isso acontece. Assim, nosso estudo considera uma distribuição randômica, ou, em outras palavras, nos perguntamos, de que maneira uma desordem, por exemplo, representada por uma perturbação na regularidade das partículas, influencia a precisão do método? Dessa forma, a consistência é estudada como a capacidade do método em resolver um problema com solução polinomial, de forma a recuperar a j -ésima derivada do polinômio de i -ésima

¹luc.cogo@ig.com.br

²messias@fct.unesp.br

ordem e rotulado de C_i^j . Note que a recuperação do polinômio não garante que suas derivadas também sejam recuperadas. Portanto, é preciso levar em conta a consistência para as derivadas também. São quatro as condições de consistência, C_0^0 , C_0^1 , C_1^0 e C_1^1 sendo que cada condição de consistência C_i^j é quantificada por uma função de erro local em cada partícula, conforme [2]. De forma geral, como metodologia, são usadas ideias de [1] para considerar (medir) a desordem das partículas e então [2] para verificar a influência da desordem e quais as restrições exigidas para a consistência. Uma contribuição mais aguda envolve ideias em [3] para um rearranjo das partículas e, conseqüentemente, a garantia de consistência.

Como conclusão, as quatro primeiras condições de consistência são sempre recuperadas sobre malhas regulares, enquanto que nenhuma delas está perfeitamente cumprida em malhas perturbadas. Os resíduos mostram uma dependência linear sobre a perturbação canônica, sendo maior em C_1^1 . Quando o número de partículas aumenta, C_1^0 é recuperado, enquanto C_0^0 e C_1^1 mostram um resíduo constante e C_0^1 diverge. Este último ponto é uma séria limitação do SPH quando se simulam pequenos problemas e se executam testes de convergência, os quais estamos analisando e corrigindo por meio das ideias em [3]. Outra análise desenvolvida, de forma análoga, considera a variação do comprimento de suavização.

Referências

- [1] M. Antuono, B. Bouscasse, A. Colagrossi, S. Marrone. A measure of spatial disorder in particle methods. *Computer Physics Communications*, 185(10):2609-2621, 2014.
- [2] G. Chaussonnet, S. Braun, L. Wieth, R. Koch, H. Bauer. Influence of particle disorder and smoothing length on SPH operator accuracy. *Conference Paper - 10th international SPHERIC workshop*, 2015.
- [3] S. Reboux, B. Schrader, I. F. Sbalzarini. A self-organizing Lagrangian particle method for adaptive-resolution advection-diffusion simulations. *J. Comp. Physics*, 231: 3623-3646, 2012.