

Simulação de escoamentos com influência de temperatura utilizando o sistema Hig-Flow

Rameyli Godoi¹

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo (ICMC/USP)

Antonio Castelo Filho²

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo (ICMC/USP)

Um escoamento é dito com transferência de calor ou não-isotérmico quando o domínio e/ou fluido não estão na mesma temperatura. Nesse caso, de acordo com [1], as propriedades do fluido sofrerão variações, implicando em ajustes nas equações de Navier-Stokes. Como modos de transferência de calor, temos a condução, a convecção e a radiação térmica. A transferência de calor por convecção pode ser classificada de acordo com a natureza do escoamento (forçada ou natural). Neste trabalho, focamos no escoamento com transferência de calor por convecção natural. Mais detalhes sobre escoamentos com transferência de calor podem ser obtidos em [2].

A convecção natural influencia fortemente as temperaturas de operação dos geradores de energia e dispositivos eletrônicos e desempenha um papel importante em uma ampla variedade de aplicações de fabricação térmica. Também é importante no estabelecimento de distribuições de temperatura dentro de edifícios e na determinação de perdas de calor ou cargas de calor para sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Distribui os produtos venenosos da combustão durante os incêndios e é relevante para as ciências ambientais, onde impulsiona os movimentos oceânicos e atmosféricos.

De acordo com [1], para simular escoamento com transferência de calor por convecção natural, no caso de pequenas variações de temperatura, pode-se usar a aproximação de Boussinesq, que considera constante as propriedades do fluido, exceto a massa específica no termo fonte adicionado na equação de *momentum*, dado pela equação (1)

$$\rho \mathbf{F} = \rho_0 [1 - \beta(T - T_0)] \mathbf{g}, \quad (1)$$

onde, ρ é a densidade, ρ_0 a densidade de referência, \mathbf{F} são as forças externas, T a temperatura, T_0 a temperatura de referência, \mathbf{g} a gravidade e β o coeficiente de expansão térmica do fluido.

Para incluir a temperatura, utiliza-se o princípio da conservação de energia. Então, as equações, em sua forma adimensional, a serem resolvidas usando a aproximação de Boussinesq (1) são

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}\mathbf{v}) = -\nabla p + \frac{1}{Re} \nabla^2 \mathbf{v} + \frac{1}{Fr^2} [1 - \beta T] \mathbf{g}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}T) = \frac{1}{RePr} \nabla^2 T, \quad (4)$$

onde \mathbf{v} é o campo de velocidades, p o campo de pressão, Re o número de Reynolds, Fr o número de Froude e Pr o número de Prandtl.

¹rameyli@usp.com

²castelo@icmc.usp.br

Para resolver numericamente as equações (2), (3) e (4), utiliza-se o sistema HiG-Flow [3], que vem sendo desenvolvido pelo grupo de Mecânica dos Fluidos Computacional do ICMC-USP. Este é um sistema baseado no sistema HiG-Tree (responsável pela estrutura de dados, domínios, resolvidores de sistemas lineares e não-lineares e aproximações e interpolações) para simulação de escoamentos newtonianos, newtonianos generalizados e viscoelásticos monofásicos ou multifásicos. As técnicas e métodos numéricos já implementados estão ilustrados na Figura 1.

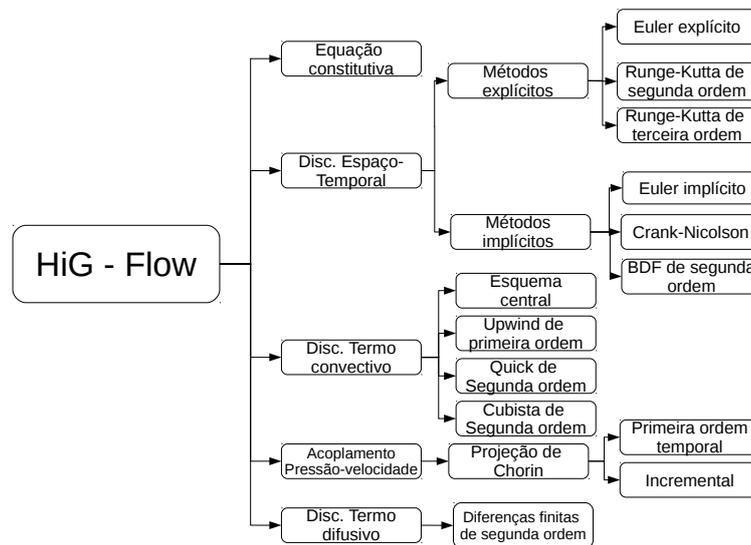


Figura 1: Discretizações implementadas no sistema Hig-Flow.

O objetivo deste trabalho é a extensão do sistema Hig-Flow para escoamentos com influência da temperatura, onde a viscosidade pode ou não ser uma função dependente da temperatura. São feitas simulações para o escoamento não-isotérmico bidimensional e tridimensional para problemas clássicos como escoamento na cavidade para validação do código e, para mostrar a capacidade do sistema Hig-Flow são feitas simulações em domínios complexos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (processo nº 10986750/M) e ao CNPq (processo nº 132610/2020-5) pelo auxílio financeiro.

Referências

- [1] Fortuna, A. de O. *Técnicas computacionais para dinâmica dos fluidos: conceitos básicos e aplicações, 2a. edição.* [S.l.]: Edusp, 2000. ISBN 85-314-0526-2.
- [2] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L. and Lavine, A. S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6th. edition.* Wiley, Reino Unido, 2007.
- [3] Sousa, F., Lages, C., Ansoni, J., Castelo, A. and Simao, A. A finite difference method with meshless interpolation for incompressible flows in non-graded tree-based grids. *Journal of Computational Physics*, 396: 848-866, 2019. ISSN 0021-9991