

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Verificação numérica de um modelo matemático para o transporte de gotículas com evaporação

Paulo Cesar Correa Galeano¹

Laboratório de Computação Científica, UFSC, Araranguá, SC

Priscila Cardoso Calegari²

Departamento de Computação, UFSC, Araranguá, SC

1 Introdução

Um escoamento multifásico é constituído por duas ou mais fases com propriedades físicas distintas. Esse tipo de escoamento possui aplicações em diversas áreas, como conversão de energia, processamento de materiais e nas indústrias do petróleo, química e alimentícia. Os escoamentos multifásicos podem ser classificados em: gás-líquido, gás-sólido, líquido-sólido e trifásicos, como visto em [1, 3, 5]. O presente trabalho tem como interesse a investigação de um modelo matemático para um escoamento bifásico, gás-líquido, onde a fase líquida é composta por gotículas, por exemplo, um *spray*, como em [1–3]. Um modelo matemático para as gotículas (fase dispersa) é descrito e o método de Runge-Kutta de segunda ordem é utilizado para a verificação numérica do transporte e da evaporação das gotículas em um meio gasoso, conforme [1, 4]. A formulação euleriana-lagrangiana é utilizada para as fases contínua (gás) e dispersa, respectivamente, como visto em [2]. Este trabalho é considerado um passo inicial para o estudo da dinâmica de um *spray* de etanol em uma câmara de combustão.

2 Modelo matemático

Um modelo matemático para a posição e a evaporação das gotículas, em um escoamento bidimensional, é dado pelas equações diferenciais ordinárias,

$$\frac{dx_p}{dt} = u_p, \quad (1)$$

$$\frac{dy_p}{dt} = v_p, \quad (2)$$

$$\frac{dm_p}{dt} = -\frac{1}{\tau_m} m_p, \quad (3)$$

¹paulo.correa@grad.ufsc.br

²priscila.calegari@ufsc.br

sendo (x_p, y_p) a posição da gotícula p , u_p e v_p as componentes da velocidade, m_p a massa e τ_m é o tempo de vida da gotícula. O modelo matemático simplificado (1)-(3) assume que: u_p e v_p são iguais as componentes da velocidade do escoamento (fase contínua), as gotículas são esféricas, dessa forma, $m_p = \frac{\pi d_p^3 \rho_d}{6}$, onde d_p é o diâmetro da gotícula e ρ_d a massa específica da fase dispersa, conforme [1,3]. O campo de velocidade da fase contínua é imposto analiticamente e a interação ocorre somente no sentido gás-líquido, sem o efeito recíproco. A velocidade da gotícula p , $\mathbf{u}_p = (u_p, v_p)$, é obtida a partir da velocidade do escoamento, por meio de uma interpolação para a posição da gotícula. Considera-se ainda que todas as gotículas tenham a temperatura de saturação, de forma que não há variação de temperatura. Assim, a fase contínua possui uma temperatura constante e maior que a temperatura de saturação das gotículas. Despreza-se as interações entre as gotículas.

3 Considerações finais

A verificação numérica da metodologia aplicada ao modelo matemático proposto apresenta ordem de convergência 2, conforme o esperado. Apesar de simplificado o modelo matemático implementado, para a evaporação das gotículas, é considerado importante como um primeiro passo da investigação. A partir deste modelo espera-se estender a metodologia para problemas mais complexos que incluam, por exemplo, a combustão.

Agradecimentos

Os autores agradecem a direção e a comissão de pesquisa do Campus Araranguá.

Referências

- [1] S. V. Apte, K. Madesh, P. Moin, and J. C. Oefelein. Large-eddy simulation of swirling particle-laden flow in coaxial-jet combustor. *International Journal of Multiphase flow*, 29 1311-1331 (2003).
- [2] P. C. Calegari, Simulação computacional de escoamentos reativos com baixo número de Mach aplicando técnicas de refinamento adaptativo de malhas, Tese de Doutorado em Matemática Aplicada, USP, (2012).
- [3] C. Crowe, J. D. Schwarzkopf, M. Sommerfeld, and Y. Tsuji. *Multiphase flows with droplets and particles*. CRC Press, New York, 1998.
- [4] P. Khare, S. Wang and V. Yang. Modeling of finite-size droplets and particles in multiphase flows, *Chinese Journal of Aerodynamics*, 28 No.4 974-982 (2015).
- [5] E. E. Paladino. Estudo do Escoamento Multifásico em Medidores de Vazão do tipo Pressão Diferencial. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, UFSC, (2005).