

SIMULAÇÃO DO *BREAKUP* DE GOTÍCULAS DE FLUIDO EM UM ACOPLAMENTO EULER-LAGRANGE DE DUAS VIAS, UTILIZANDO DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD)

Renato Pacheco Silva, Universidade Federal de Uberlândia, rpacheco_br@yahoo.com.br
Aristeu da Silveira Neto, Universidade Federal de Uberlândia, aristeus@mecanica.ufu.br
Millena Martins Villar Vale, universidade federal de Uberlândia, millena.villar@gmail.com

Resumo. O presente trabalho, objetiva mostrar o *breakup*, ou a quebra de gotículas de fluido, em outras gotículas, sendo estas gotículas representadas por partículas Lagrangianas. A fase contínua é representada por um escoamento Euleriano, pelo código AMR3D. O AMR3D é um código utilizado para dinâmica dos fluidos computacional (CFD), com refinamento adaptativo de malha, que permite a solução de escoamentos bifásicos puramente Eulerianos utilizando a técnica VOF. Com esta nova implementação, o AMR3D pode também resolver escoamento bifásicos ou multifásicos, com a presença tanto de partículas sólidas como de partículas de fluido, representadas por pontos lagrangianos.

Palavras chave: lagrangiano, CFD, AMR3D, multifásico

1. INTRODUÇÃO

A utilização de partículas lagrangianas em um escoamento multifásico permite a solução de uma variada gama de problemas industriais. Escoamento com a presença de partículas sólidas, erosivas, escoamentos de leito fluidizado, escoamentos de fluido-fluido, são alguns exemplos.

No presente trabalho, visando um estudo posterior para escoamentos bifásicos do tipo anular, foi iniciada a etapa de implementação do *breakup* puramente lagrangiano, ou seja, a partir de análises adimensionais e das relações entre fase contínua e fase discreta, gotículas de fluido se fragmentam em outras possíveis gotículas do mesmo fluido, até que ocorra uma atomização destas gotículas. A figura 1 mostra um esboço de um escoamento anular com a presença de gotículas que podem ser tratadas de forma lagrangiana.

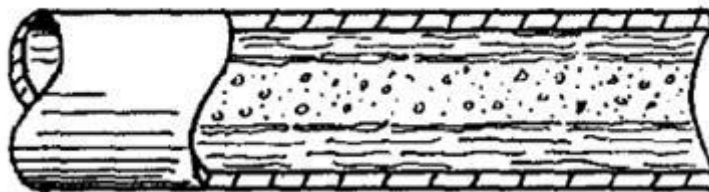


Figura 1: Escoamento anular (Baker, 1954)

2. MODELAGEM DA FASE DISCRETA

A integração da equação 01 nos dá a velocidade da partícula (FLUENT THEORY GUIDE, 2009):

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) + \frac{g(\rho_p - \rho)}{\rho_p} \quad (1)$$

Onde o índice p indica informações Lagrangianas e sem índice indica informações Eulerianas, u é a velocidade, t é o tempo, F_D é a força de arrasto, g é a força da gravidade e ρ é a densidade.

A força de arrasto é dada por:

$$F_D = \frac{18\mu C_D Re}{\rho_p d_p^2} \quad (2)$$

Onde d é o diâmetro, μ é a viscosidade, C_D é o coeficiente de arrasto e Re é o número de Reynolds da partícula, dado por:

$$Re \equiv \frac{\rho d_p |u_p - u|}{\mu} \quad (3)$$

Nenhuma outra força é considerada.

A posição da partícula é dada por:

$$posx^t = posx^{t+1} + ux_p^{t-1} * dt \quad (4)$$

3. ACOPLAMENTO DE DUAS VIAS

O acoplamento de duas vias, nada mais é do que a fase dispersa sendo influenciada pela fase contínua e vice-versa. Para tanto, a cada iteração, uma quantidade de movimento é injetada na fase contínua, para que esta sinta a presença das partículas Lagrangianas. O equacionamento foi o mesmo utilizado no software FLUENT (FLUENT THEORY GUIDE, 2009)

$$F = \sum \left(\frac{18\mu C_D Re}{\rho_p d_p^2 24} (u_p - u) \right) \dot{m}_p \Delta t \quad (5)$$

Onde $\dot{m}_p$ é o fluxo de massa da partícula pelo volume de controle.

4. O BREAKUP

Quando uma gota, gotícula ou filme estão submetidos a uma aceleração forçada, este pode se romper dando origem a novas gotas, gotículas ou filamentos. Isto é que chamamos de *breakup*, como pode ser observado na figura 2.

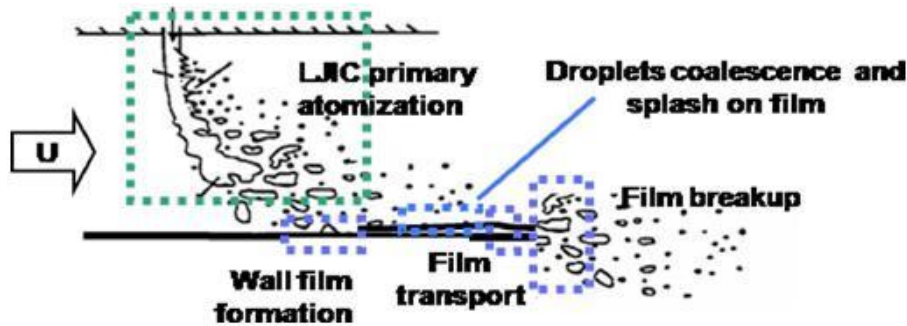


Figura 2: *Breakup* segundo Arienti et al. (2011)

A análise do *breakup* no presente trabalho está baseada no número adimensional de Weber e no número de Ohnesorge. Existe então um número de Weber crítico diante o qual o *breakup* acontecerá de diferentes maneiras (Erdmand e Pilch, 1987).

De acordo com Apte et al. (2003), quando uma gotícula atinge um determinado raio crítico, esta gotícula está pronta para ser fragmentada, obedecendo sempre a uma frequência de *breakup*. O raio crítico depende do Weber crítico.

$$We = \frac{\rho V^2 D}{\sigma} \quad (6)$$

$$Wecr = 12(1 + 1.077On^{1.6}) \quad (7)$$

$$On = \frac{\mu_p}{(\rho_p D \sigma)^{0.5}} \quad (8)$$

Desta forma, o raio crítico é determinado como:

$$r_{crit} = \frac{We_{cr} \sigma}{\rho_g u_{rel}^2} \quad (9)$$

Onde σ é a tensão interfacial líquido-gás, p denota referência à partícula, g denota referência à fase contínua que é um gás e u_{rel} é a velocidade relativa entre o gás e o líquido. Neste trabalho, a frequência de *breakup* ainda não está implementada.

5. RESULTADOS

Os primeiros resultados obtidos foram para o escoamento de partículas de líquido representando a injeção de diesel a 102 m/s, em uma câmara de combustão contendo ar. O *breakup* foi feito em três diferentes diâmetros, sendo o diâmetro inicial de 300 μm . A cada *breakup*, duas novas gotículas são formadas e posicionadas aleatoriamente no raio da gotícula de raio diretamente maior do que a atual.

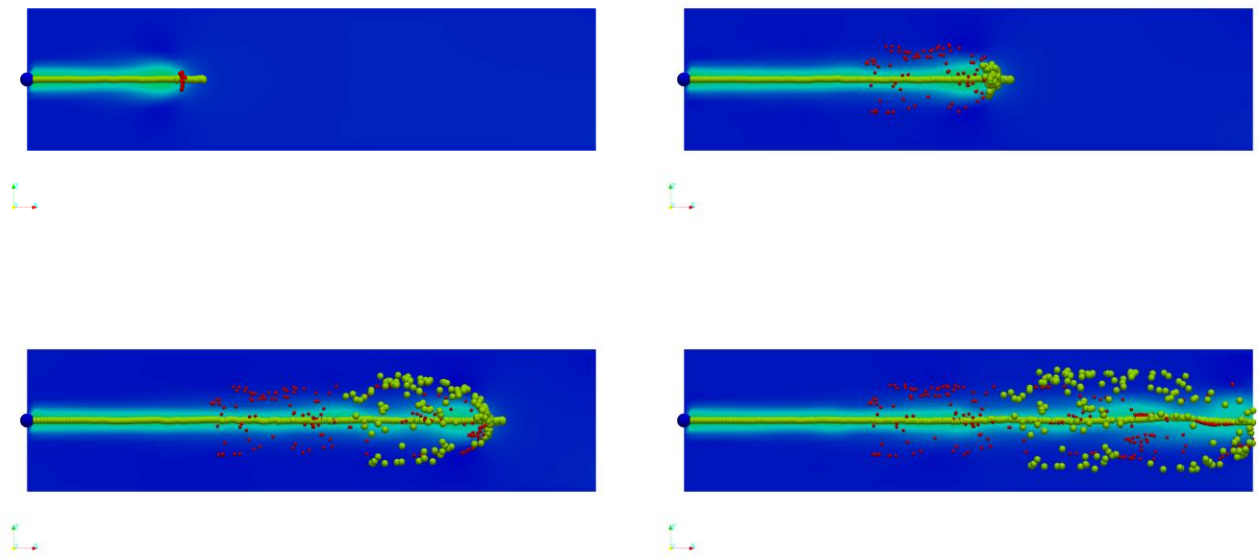


Figura 3: Evolução do *breakup* em uma injeção de diesel numa câmara com ar

Após estes resultados obtidos, uma nova simulação foi realizada em um canal escoando ar a alta velocidade de (100m/s), e gotículas de água de 1 mm sendo injetadas no início do canal. Neste caso, o *breakup* foi realizado em n outros diâmetros, obedecendo a uma distribuição de Rosin-Rammler. As figuras 4 e 5 mostram os resultados obtidos.

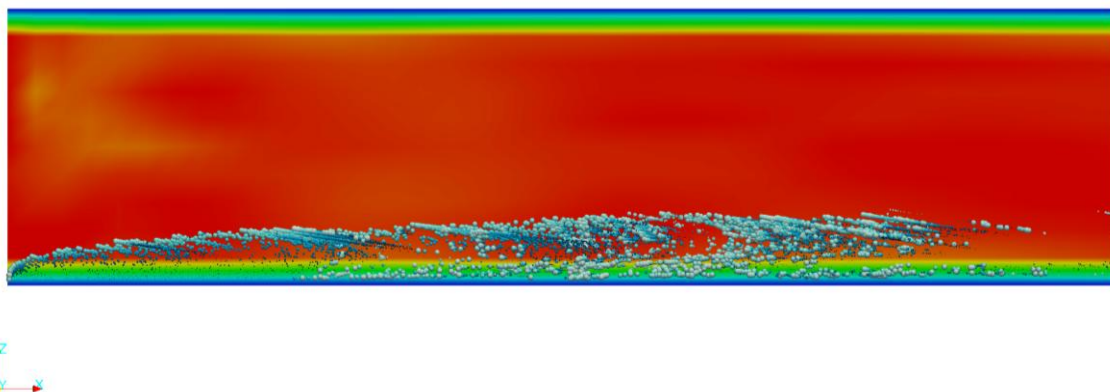


Figura 4: Domínio populado por gotículas de água formadas durante o *breakup*

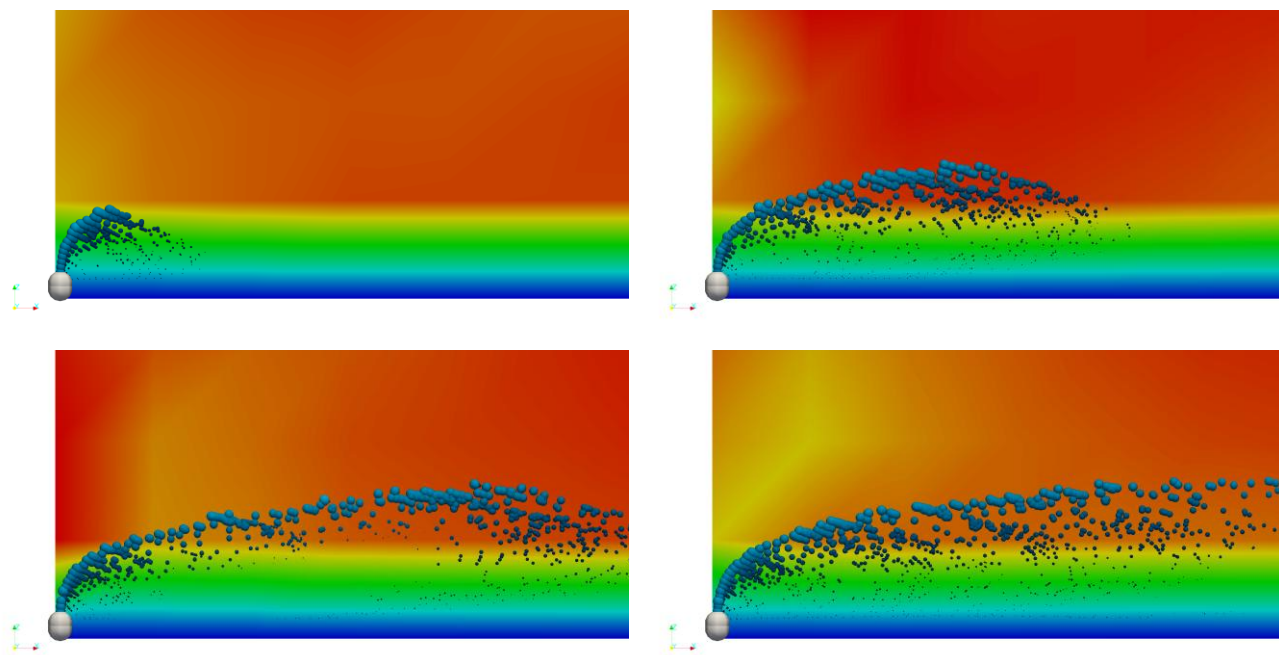


Figura 5: Detalhamento dos múltiplos *breakups* no início do domínio

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho são ainda preliminares. Parâmetros físicos como a frequência de *breakup*, ainda não estão implementados. Contudo, a parte numérica da fragmentação obedecendo a distribuições como a de Rosin-Rammler, que representam uma parte pesada de desenvolvimento do trabalho, já se mostram operantes, inclusive com parâmetros físicos como o número de Weber crítico.

Considera-se satisfatório o que foi obtido até o presente momento, estando o código preparado para mais evoluções, como por exemplo, a aplicação do *breakup* em escoamentos anulares.

7. REFERÊNCIAS

- Apte, S. V., Gorokhovski, M., Moin, P., LES of Atomizing Spray with Stochastic Modeling of Secondary Breakup, *International Journal of Multiphase Flow* 29, pp 1503-1522, 2003.
- Arienti, M., Wang, L., Corn, M., Li, X., Soteriou, M. C., Shedd, T. A., Hermann, M., Modeling Wall Film Formation and Breakup Using an Integrated Interface-Tracking/Discrete-Phase Approach, *Journal of Gas Turbines and Power* 133, 2011.
- Baker, O., Simultaneous Flow of Oil and Gas, *Oil and Gas Journal* 53, pp. 185–195, 1954;
- Fluent Theory Guide, 2009;
- Pilch, M., Erdman, C. A., Use of Breakup Time Data and Velocity History Data to Predict the Maximum Size of Stable Fragments for Acceleration-Induced Breakup of a Liquid Drop, *International Journal of Multiphase Flow* 13, pp 741-757, 1987.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.