



## REPRESENTAÇÃO DA GEOMETRIA DA INTERFACE FLUIDO – FLUIDO COMO PARTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO DE CAPTURA DE INTERFACE APLICADO A ESCOAMENTOS BIFÁSICOS.

Márcio Ricardo Pivello; Aristeu da Silveira Neto; Alexandre M. Roma (IME-USP).

Este trabalho está inserido em um projeto para o desenvolvimento de um software paralelo para a simulação de escoamentos bifásicos tridimensionais baseado em SAMR – Structured Adaptive Mesh Refinement (VILLAR, 2007). A modelagem da interface entre as fases será feita através de uma metodologia híbrida VoF – Volume of Fluid – (GOPALA et al. 2008) e Front-Tracking (QUAN et. al. 2009), sendo que somente aspectos relacionados a esta última serão abordados aqui.

Uma etapa importante na implementação de uma metodologia front-tracking é a representação geométrica da interface. São necessárias ferramentas para a caracterização de propriedades como normal e curvatura, além de algoritmos para a detecção de colisões, coalescência e fragmentação das superfícies, diagnóstico da qualidade da malha e remalhagem. Uma vez que o foco do projeto é a modelagem do escoamento e a compreensão dos fenômenos físicos presentes, optou-se por utilizar uma biblioteca de geometria computacional já existente. A biblioteca escolhida, GTS (GNU Triangulated Surface Library), já fornece algoritmos altamente eficientes para grande parte das funcionalidades necessárias, além de uma estrutura de dados robusta e de fácil acesso, um fator importante uma vez que o código base deverá ser expandido para atender a requisitos específicos da modelagem de escoamentos multifásicos.

Dentre as funcionalidades presentes na biblioteca destacam-se: cálculo de normais e curvatura, identificação de colisão entre superfícies, operações booleanas (intersecção, união e diferença) e remalhagem. Além disso, algumas ferramentas auxiliares já foram desenvolvidas, tais como a identificação dos elementos localizados na linha de menor distância entre duas superfícies, novos critérios de remalhagem além dos fornecidos pelo pacote, e, principalmente, a realização da coalescência entre duas superfícies quaisquer, cujo algoritmo está descrito a seguir.

Algoritmo 1:

Dados: duas superfícies  $S_1$  e  $S_2$ , localizadas a uma distância  $d$  uma da outra.

1. Identificar os pontos  $P_1$  pertencente a  $S_1$  e  $P_2$ , pertencente a  $S_2$ , localizados na linha que define a trajetória de menor distância entre as superfícies.
2. Calcular o vetor  $\mathbf{v} = P_1P_2$ , que define a trajetória de menor distância entre  $S_1$  e  $S_2$ .
3. Calcular os vetores trajetória  $\mathbf{v}_1 = 0.5*\mathbf{v} + \alpha$ ,  $\mathbf{v}_2 = -\mathbf{v}_1$ ,  $\alpha > 0$ .
4. Forçar a intersecção das duas superfícies impondo a  $S_1$  um deslocamento dado pelo vetor  $\mathbf{v}_1$  e a  $S_2$  um deslocamento dado pelo vetor  $\mathbf{v}_2$ .
5. Identificar os nós localizados ao longo da linha de intersecção das duas superfícies.
6. Levar as duas superfícies de volta à sua posição inicial, impondo um deslocamento  $\mathbf{v}_2$  a  $S_1$  e um deslocamento  $\mathbf{v}_1$  a  $S_2$ , exceto para os nós da intersecção.
7. Fazer a união das duas superfícies, eliminando os nós duplicados que possam ter sido gerados no cálculo da intersecção.

No algoritmo acima, note que:

- $\|\mathbf{v}\|=d$
- $\|\mathbf{v}_1\| > 0.5*d$
- $\|\mathbf{v}_2\| = \|\mathbf{v}_1\|$

- O tamanho da região de coalescência entre as bolhas será diretamente proporcional ao valor atribuído à constante  $\alpha$ .

A figura 1 mostra a aplicação do algoritmo 1 a duas esferas de mesmo raio, porém com graus de refinamento diferentes. Na figura 1d observa-se em detalhe a região da coalescência.

Note que este processo leva à formação de elementos deformados, e a malha da região deve ser regularizada. Os algoritmos para regularização da malha específicos aos problemas encontrados durante a coalescência e fragmentação de gotas serão desenvolvidos em uma etapa posterior do projeto.

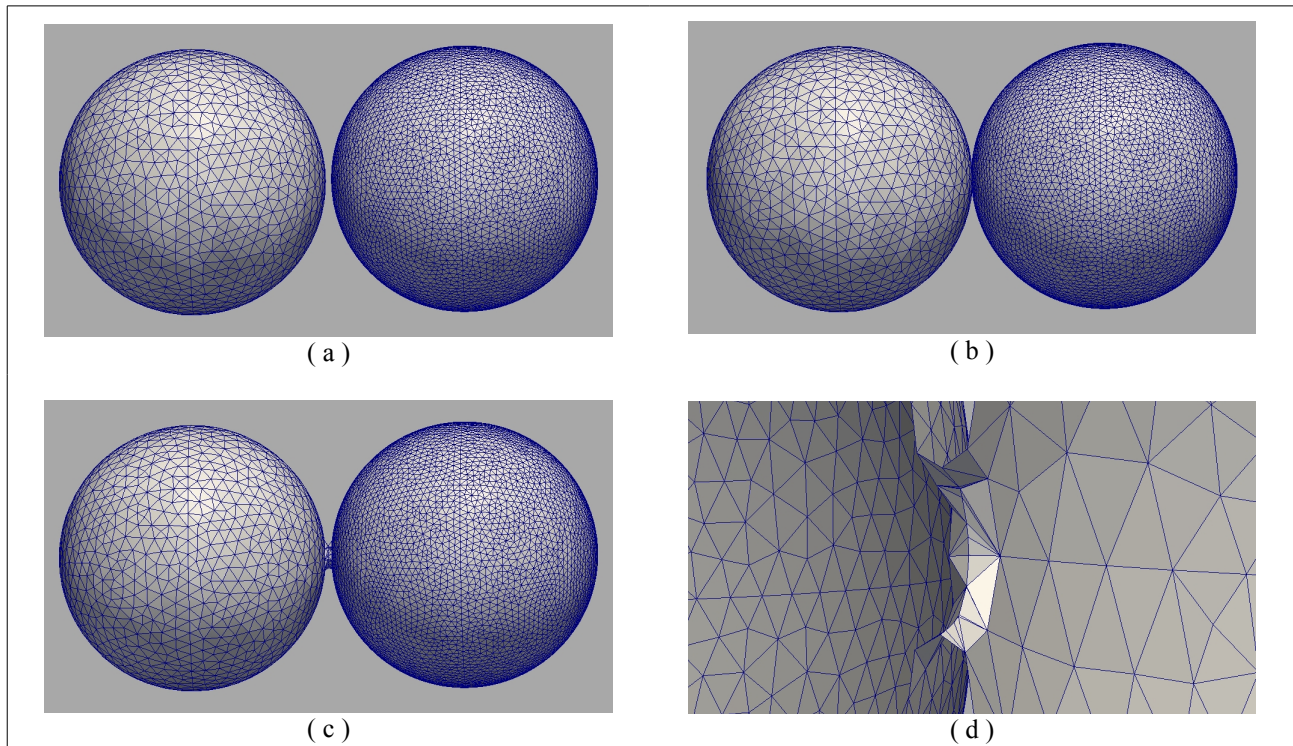


Figura 1: Algoritmo de coalescência aplicado a duas esferas. ( a ) Superfícies em posição inicial ( b ) Intersecção forçada ( c ) Superfícies voltam à posição original, exceto os pontos localizados na linha de intersecção e ( d ) Corte mostrando detalhe da região de intersecção

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOPALA, V.R., WACHEM, B.G.M. Volume of fluid methods for immiscible-fluid and free-surface flows. Chemical Engineering Journal 141(2008) 204-221.

QUAN, S., LOU, J., SCHIMIDT, D.P. Modeling merging and breakup in the moving mesh interface tracking method for multiphase flow simulations. Journal of Computational Physics 228(2009) 2660-2675.

VILLAR, M.M., 2007. Análise Numérica Detalhada de Escoamentos Multifásicos Bidimensionais. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.