

# Escoamentos Multifásicos

(FEN03711)

Gustavo Rabello Anjos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica  
[gustavo.anjos@uerj.br](mailto:gustavo.anjos@uerj.br)

1o. período, 2015

# Conteúdo:

1. Introdução aos padrões de escoamento bifásicos (anular, estratificado, golfadas etc.)
2. Mapas de padrão de escoamentos bifásicos e teoria de transição
3. Modelos de escoamento homogêneos e heterogêneos
4. Condensação de filme
5. Condensação conectiva
6. Sistemas de escoamento multifásicos e aplicações;
8. escoamento bifásico gás-liquido;
9. ebulição;
10. condensação;
11. aerosol.

## Projeto tentativa:

1. Escoamento laminar 1D completamente desenvolvido;
2. Escoamento turbulento 1D completamente desenvolvido;
3. Modelo de comprimento de mistura de Prandtl;
4. Leis de parede como relação entre tensão de cisalhamento e velocidade considerando parede lisa e rugosa;
5. Escoamento turbulento 1D transiente;
6. Rastreamento de partículas modelo de acoplamento "1-way"

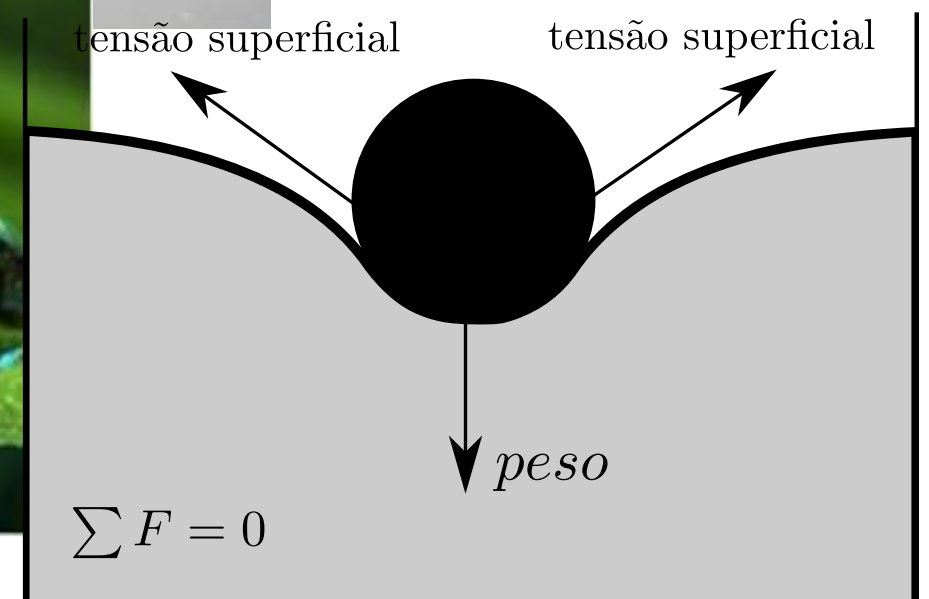
## Referências bibliográficas:

1. J. G. Collier, J. R. Thome, **Convective Boiling and Condensation**, Oxford University Press, 3rd edition, 1994.
2. M. Ishi, **Thermo-Fluid Dynamic Theory of Two-Phase Flow**, 1995.
3. V. P. Carey, **Liquid-Vapor Phase Change**, Hemisphere, 1992.
4. J. R. Thome, **Engineering DataBook III**, <http://www.wlv.com/products2/databook/db3/DataBookIII.pdf>, 2004-2010
5. Dimitri Gidaspow, **Multiphase flow and fluidization** - Continuum and kinetic theory descriptions. Academic Press, 1993 - ISBN 0-12-282470-9

# Tensão superficial

Efeito físico que ocorre na interface entre duas fases, causada pelas forças de coesão entre moléculas semelhantes, cuja resultante vetorial é diferente na interface.

- superfícies hidrofóbicas/hidrófilas
- tensão superficial x peso partícula
- gotas em repouso
- tensão superficial  $\sim$  curvatura



# Exemplo 1

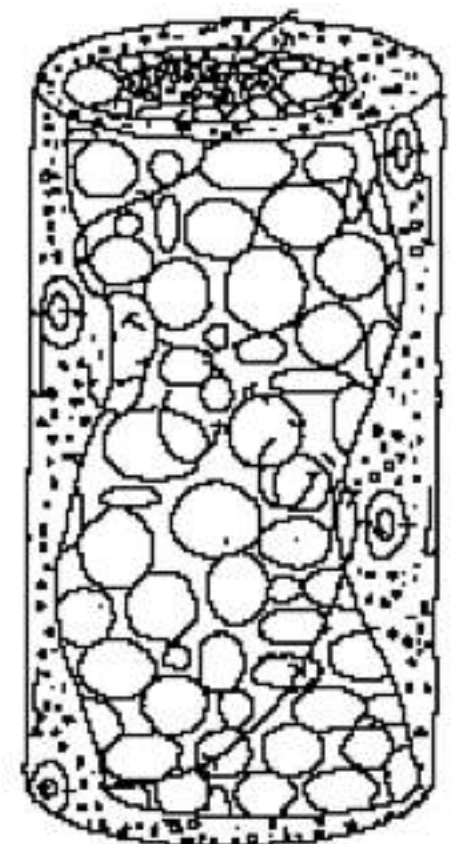
- escoamento líquido-gás ( $\text{CO}_2$ )
- múltiplas bolhas
- efeito gravitacional
- bolhas em ascensão



(movimentação de bolhas  
de  $\text{CO}_2$  em líquido)

# Exemplo 2

- escoamento líquido-gás
- múltiplas bolhas
- diferentes tamanhos de bolhas
- diferentes escalas de tempo e espaço



(escoamento em coluna  
de bolhas)



# Exemplo 3

- escoamento líquido-gás
- múltiplas bolhas/partículas
- diferentes tamanhos de bolhas/partículas
- alto número de Reynolds
- transferência de massa (condensação/vaporização)



(cataratas do Niágara)



# Exemplo 4

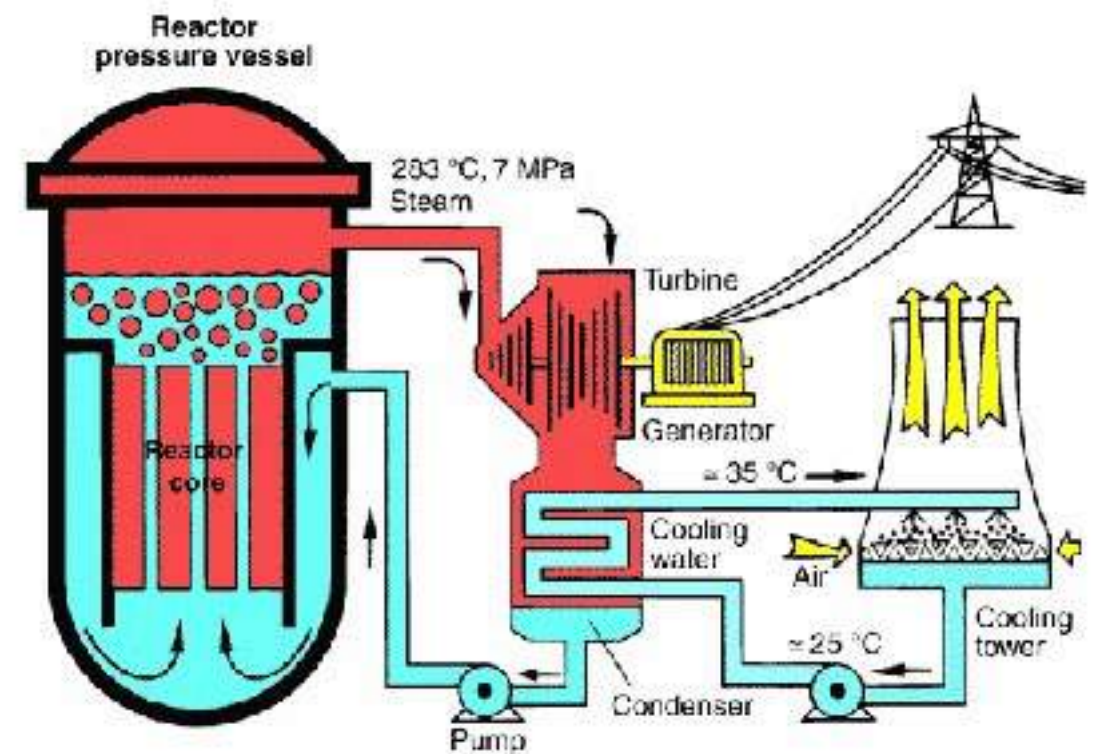
- escoamento desprezível
- coalescencia/quebra (break-up)
- diferentes tamanhos de bolhas
- forças moleculares
- sem transferência de massa



(interface gás-líquido)

# Exemplo 5

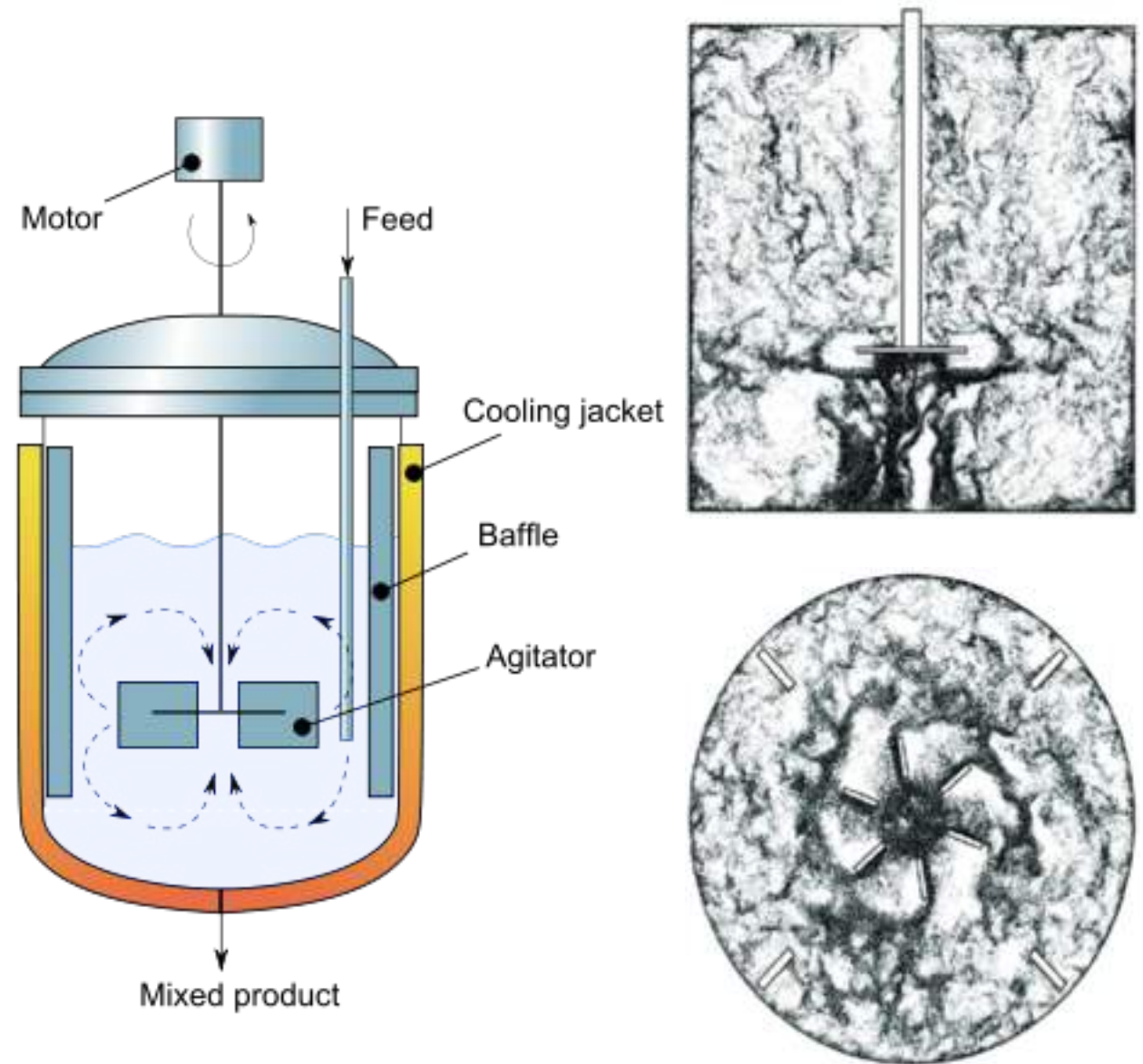
- escoamento líquido-vapor
- múltiplas bolhas
- diferentes tamanhos de bolhas
- diferentes escalas de tempo e espaço
- transferência de massa (condensação/vaporização)



(reator de água fervente)

# Exemplo 6

- escoamento disperso líquido-sólido
- múltiplas partículas
- tamanhos homogêneo de partículas
- transferência de calor



(reator em tanque agitado)

# Exemplo 7

- escoamento disperso gás-sólido
- múltiplas partículas
- tamanhos diferentes de partículas
- transferência de calor e massa



(nuvens)