



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**ESCOLA DE QUÍMICA**



<b>Código Disciplina/Nome:</b> <b>EQE 473- Operações Unitárias I</b>
<b>Tipo:</b> Disciplina Obrigatória
<b>Carga Horária Teórica :</b> 60 h <b>Prática:</b> h
<b>Cursos :</b> Engenharia Química, Engenharia de Alimentos e Engenharia de Bioprocessos.
<b>Pré-requisito:</b>
<b>Créditos:</b> 04
<b>Objetivo:</b> Apresentar ao estudante os fundamentos e os equipamentos das principais operações unitárias onde partículas sólidas e fluidos interagem via fenômenos de natureza física, sem transferência de calor e massa entre as fases, capacitando-o para o projeto, avaliação e previsão de efeitos de ajustes operacionais nos referidos equipamentos.
<b>Ementa:</b> Fundamentos. Caracterização de partículas e sistemas particulados. Dinâmica da interação partícula-fluido. Aplicações a sistemas diluídos: elutriação, câmara de poeira, ciclones, centrífugas e hidrociclones. Aplicações a sistemas concentrados: escoamento monofásico em meios porosos, filtração sólido-líquido, sedimentação e fluidização.
<b>Conteúdo Programático:</b> 1. Caracterização de partículas e sistemas particulados: noções de amostragem; diâmetros de esferas equivalentes e diâmetros estatísticos; esfericidade e circularidade; análise granulométrica, frequências simples e acumulada; modelos de distribuição de tamanhos; diâmetro médio de Sauter. ( 8 h) 2. Interação partícula-fluido: dinâmica e análise dimensional do sistema partícula - "fluido infinito"; velocidade terminal; lei de Stokes; correlação entre coeficiente de arraste e número de Reynolds para esferas lisas; Violações da lei de Stokes: efeitos de rugosidade superficial, deslizamento, paredes, população e forma das partículas. Outros efeitos: aerofólio e Magnus. Soluções iterativas e não-iterativas de problemas clássicos; Interação partícula-fluido no escoamento entre placas planas e em recipientes sob rotação. ( 8 h) 3. Sistemas particulados diluídos: separação sólido-sólido por elutriação; partículas equitombantes e razão de sedimentação; eficiências global e individual de coleta; diâmetro de corte; separação sólido-gás com câmaras de poeira e ciclones; separação sólido-líquido com centrífugas e hidrociclones. ( 18 h) 4. Sistemas particulados concentrados: escoamento monofásico em meios porosos; força resistiva, lei de Darcy e forma quadrática de Forchheimer; modelo de Kozeny-Carman para a permeabilidade; modelos de Ergun e Costa- Massarani para a

constante C; perda de carga em meios porosos; separação sólido-líquido por filtração em superfície; tortas compressíveis; lavagem de tortas; estudo detalhado dos filtros prensa (batelada) e de tambor rotativo a vácuo (contínuo); auxiliares de filtração; separação sólido-líquido por sedimentação; teste de proveta; efeitos da temperatura e da concentração; cálculo da área da seção transversal e da altura do sedimentador; leitos fluidizados a gás e a líquido; curva característica: queda de pressão X velocidade superficial; histerese de fluidização; definição operacional de velocidade mínima de fluidização; porosidade e altura mínimas de fluidização; previsão da queda de pressão de leitos fluidizados e da velocidade mínima de fluidização; velocidade máxima de fluidização; relação entre velocidade superficial e porosidade na fluidização homogênea, queda de pressão do distribuidor, potência de sopro em unidades de bancada e industriais. ( 26 h)

#### **Bibliografia Recomendada (no mínimo 3)**

1. Peçanha, R. P.: "Sistemas Particulados # Operações Unitárias Envolvendo Partículas e Sólidos", Elsevier – Campus, Rio de Janeiro, 2014.
2. Massarani, G.: "Fluidodinâmica em Sistemas Particulados", 2ª ed., e-papers, Rio de Janeiro, 2002.
3. Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W., Maus, L. e Andersen, L. B.: "Princípios das Operações Unitárias", 2ª ed., Editora Guanabara Dois S. A., Rio de Janeiro, 1982.
4. Richardson, J. F., Harker, J. H. and Backhurst, J. R.: "Coulson and Richardson's Chemical Engineering – Particle Technology and Separation Processes", Vol. 2, 5ª ed. Pergamon Press, Oxford, 2002.
5. McCabe, W. L., Smith, J. C. and Harriott, P.: "Unit Operations of Chemical Engineering", 6ª ed., McGraw-Hill, New York, 2001.

#### **Bibliografia Complementar ( no mínimo 5)**

1. Perry, R. H. (Late Editor), Green, D. W. (Editor-in-Chief): "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 8ª ed., Mc Graw-Hill, 2008.
2. Hetsroni, G. (editor) "Handbook of Multiphase Systems", McGraw-Hill, New York, 1982.
3. Allen, T.: "Particle Size Measurement", 3ª ed., Chapman and Hall, London, 1981.
4. Clift, R., Grace, J. R. and Weber, M. E.: "Bubbles, Drops and Particles", Academic Press, London, 1978.
5. Gupta, S. K.: "Momentum Transfer Operations", Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1979.
6. Griskey, R. G.: "Transport Phenomena and Unit Operations – A Combined Approach", John Wiley & Sons, Hoboken, 2006.
7. Strauss, W.: "Industrial Gas Cleaning", 2ª ed., Pergamon Press, Oxford, 1975.
8. Svarovsky, L. (editor): "Solid-Liquid Separation", 4ª ed., Butterworth – Heinemann, Oxford, 2000.

9. Dullien, F. A. L.: "Porous Media – Fluid Transport and Pore Structure", 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, San Diego, 1992.
10. Kunii, D. and Levenspiel, O.: "Fluidization Engineering", 2<sup>nd</sup> ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1991.