



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA

Plano de Ensino

Universidade Federal do Espírito Santo		Campus: São Mateus	
Curso: Engenharia Química			
Departamento Responsável: Departamento de Engenharias e Tecnologia			
Data de Aprovação (Art. nº 91):			
Docente responsável: Yuri Nascimento Nariyoshi			
Qualificação / link para o Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/2655730779144916			
Disciplina: Cristalização Industrial		Código: DET12417	
Pré-requisito:		Carga Horária Semestral: 60	
Créditos: 4	Distribuição da Carga Horária Semestral		
	Teórica	Exercício	Laboratório
	60	0	0
Ementa: Introdução e fundamentos. Diagrama de fases. Caracterização de produtos. Nucleação. Crescimento de cristais. Cristalização batelada. Cristalização contínua. Precipitação. Agitação e mistura. Aglomeração. Polimorfismo. Métodos de medição. Projeto do processo de cristalização. Cristalizadores industriais. Casos industriais e novas técnicas.			
Objetivos Específicos			
<ol style="list-style-type: none">1. Habilidade para ler e interpretar diagrama de fases sólido-líquido;2. Habilidade para analisar diferentes parâmetros de caracterização de produtos cristalinos e métodos de medição em cristalização;3. Habilidade para avaliar os mecanismos elementares de cristalização;4. Familiaridade com diferentes tipos de cristalizadores industriais;5. Habilidade para projetar processo de cristalização;6. Conhecimento de novas técnicas de cristalização.			
Conteúdo Programático			
<ol style="list-style-type: none">1. INTRODUÇÃO2. EQUILÍBRIO EM SISTEMAS MULTIFÁSICOS SÓLIDO-LÍQUIDO3. MÉTODOS DE CRISTALIZAÇÃO4. CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS CRISTALINOS5. NUCLEAÇÃO6. CRESCIMENTO7. CRISTALIZAÇÃO EM BATELADA8. CRISTALIZADORES CONTÍNUOS9. PRECIPITAÇÃO			



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA

10. AGITAÇÃO E MISTURA
11. AGLOMERAÇÃO
12. POLIMORFISMO
13. MÉTODOS DE MEDIÇÃO
14. SÍNTESE DE PROCESSO E PROJETO DE CRISTALIZADORES
15. CASOS INDUSTRIAIS E NOVAS TÉCNICAS

Metodologia

As aulas serão teóricas expositivas, com discussão de problemas típicos da indústria relacionados à cristalização. Os recursos utilizados serão projetor, quadro branco e pincel.

Critérios/Processo de avaliação da Aprendizagem

As duas notas semestrais P1 e P2 serão compostas por atividades realizadas durante o período letivo, contemplando avaliações escritas individuais e trabalhos individuais e em grupo. Os alunos com média parcial do semestre (MP) igual ou superior a 7,0 (sete) e com frequência regimental mínima de 75% serão aprovados. A MP contemplará a média aritmética das notas semestrais, conforme:

$$MP = \left(\frac{P1 + P2}{2} \right)$$

A prova final (PF) contemplará todo o programa da disciplina apresentado ao longo do período letivo. Após a realização da PF, os alunos com média final (MF) igual ou superior a 5,0 (cinco) serão aprovados. A MF será calculada conforme:

$$MF = \left(\frac{MP + PF}{2} \right)$$

Bibliografia básica

1. McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott. **Unit Operations of Chemical Engineering**, 7th Ed., McGraw-Hill's, 2005.
2. Geankoplis, C.J. **Transport Processes and Separation Process Principles**, 4th Ed., Prentice Hall, 2003.
3. Seader, J.D., Henley, E.J., Roper, D.K. **Separation Process Principles**. 3rd Ed. Wiley, 2011.

Bibliografia complementar

1. Lewis, A.E., Seckler, M.M., Kramer, H., Van Rosmalen, G.M. **Industrial Crystallization: From Principles to Processes**, Cambridge Pub., 2015.
2. Nyvlt, J. Hostomsky, Giulietti, M. **Cristalização**, Ed. UFSCar, 2001.
3. Mullin, J.W. **Crystallization**, 4th ed., Butterworth-Heinemann, 2001.
4. Myerson, A.S. **Handbook of Industrial Crystallization**, Butterworth-Heinemann, 2002.
5. Randolph, A.D., Larson, M.A. **Theory of Particulate Processes**, 2nd ed., Academic Press, NY, 1988.

Cronograma

1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Dimensões de partículas
- 1.2. Processos elementares da cristalização
- 1.3. Cristalização industrial
- 1.4. Tópicos abordados na disciplina
- 1.5. Bibliografia recomendada

2. EQUILÍBRIO EM SISTEMAS S-L

- 2.1. Definições
- 2.2. Equilíbrio termodinâmico
- 2.3. Diagrama de fases

3. MÉTODOS DE CRISTALIZAÇÃO

- 3.1. Processos: sistemas fora do equilíbrio

- 8.3. Balanços de massa e energia

9. PRECIPITAÇÃO

- 9.1. Definição
- 9.2. Aplicações e características
- 9.3. Diagramas de precipitação

10. AGITAÇÃO E MISTURA

- 10.1. Macro-, meso- e micromistura
- 10.2. Sistemas de agitação
- 10.3. Números adimensionais
- 10.4. Relações de aumento de escala

11. AGLOMERAÇÃO

- 11.1. Campos de aplicação e terminologia



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA

<p>3.2. Cristalização a partir de fundidos, por resfriamento, evaporativa, por anti solvente e precipitação.</p> <p>3.3. Projeto preliminar do processo</p> <p>3.4. Supersaturação: expressões matemáticas e modelos termodinâmicos.</p> <p>4. CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS CRISTALINOS</p> <p>4.1. Características versus qualidade</p> <p>4.2. Técnicas para caracterização de sólidos</p> <p>4.3. Fatores de forma e morfologia</p> <p>4.4. Distribuição de tamanhos</p> <p>5. NUCLEAÇÃO</p> <p>5.1. Mecanismos</p> <p>5.2. Metaestabilidade</p> <p>5.3. Energia de Gibbs</p> <p>6. CRESCIMENTO</p> <p>6.1. Velocidades</p> <p>6.2. Etapas</p> <p>6.3. Mecanismos</p> <p>7. CRISTALIZAÇÃO EM BATELADA</p> <p>7.1. Semeadura</p> <p>7.2. Balanço populacional</p> <p>7.3. Balanços de massa e energia</p> <p>8. CRISTALIZADORES CONTÍNUOS</p> <p>8.1. Dinâmica e controle</p> <p>8.2. Balanço populacional</p>	<p>11.2. Etapas de formação</p> <p>11.3. Agregação, adesão e cementação</p> <p>11.4. Soluções do balanço populacional</p> <p>12. MÉTODOS DE MEDIÇÃO</p> <p>12.1. Supersaturação e distribuição de tamanhos</p> <p>12.2. Amostragem</p> <p>12.3. Técnicas inline, offline e online</p> <p>13. SÍNTESE DE PROCESSO E PROJETO DE CRISTALIZADORES</p> <p>13.1. Procedimento hierárquico de projeto</p> <p>13.2. Níveis de projeto: 0, 1, 2, 3 e 4.</p> <p>13.3. Tipos de cristalizadores</p> <p>13.4. Critérios para escolha</p> <p>14. POLIMORFISMO</p> <p>14.1. Definição</p> <p>14.2. Propriedades afetadas pelo polimorfismo</p> <p>14.3. Formação e detecção de polimorfos</p> <p>15. CASOS INDUSTRIAIS E NOVAS TÉCNICAS</p> <p>15.1. Incrustação em trocador de calor</p> <p>15.2. Síntese de pigmentos amarelados de óxido de ferro</p> <p>15.3. Dinâmica e controle de um sistema de cristalização</p> <p>15.4. Reuso de água na indústria</p> <p>15.5. Tecnologias em desenvolvimento: cristalização assistida por membranas (MDC) e cristalização eutética (EFC)</p>
---	--