



PLANO DE ENSINO – 2022/1

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA				
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS	TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
EQA5409	Cálculo de Reatores II	07216	04	72

PROFESSOR MINISTRANTE	CONTATO
Natan Padoin	natan.padoin@ufsc.br

PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA5408	Cálculo de Reatores I

EQUIVALENTES
ENQ1409 ou ENQ5409

CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
ENGENHARIA QUÍMICA

EMENTA
Reatores multifásicos. Catálise heterogênea. Reatores catalíticos heterogêneos. Reatores fluido-fluido. Reatores sólido-fluido. Análise de reatores.

OBJETIVOS
<p>O cálculo de um reator químico é de responsabilidade do engenheiro químico. Só ele é o profissional devidamente habilitado para equacionar esse tipo de problema. Essa habilidade deverá ser adquirida ao longo desse curso.</p> <p>Reatores químicos não estão presentes só em grandes fábricas, refinarias e petroquímicas. Alguns estão bem próximos de nós, em nosso dia a dia. Por exemplo, os conversores catalíticos automotivos, encontrados na parte inferior do chassi, os próprios motores de combustão interna a álcool, gasolina, gás natural ou diesel; cada um de seus equipamentos eletrônicos, incluindo seu telefone celular, relógio digital e computador, em sua casa ou no seu carro, carrega elementos semicondutores desenhados de acordo com os mesmos princípios de adsorção química que governam as reações heterogêneas (Processos CVD); cada uma das ~75 trilhões de células de seu corpo é um complexo reator (bio)químico onde ocorrem centenas ou milhares de reações enzimáticas (catalíticas) simultaneamente.</p> <p>Novos conhecimentos e ferramentas de engenharia nos permitem tratar um grande número dessas reações, auxiliando-nos no projeto de novos produtos biotecnológicos e novas propriedades celulares. Mas nada mais excitante para um engenheiro químico do que se deparar com um pequeno "monstro" de aço de vinte metros de altura e cinco de diâmetro, capaz de produzir milhares de toneladas por ano de um produto químico valioso e de interesse comercial. A maior parte desses gigantes opera em refinarias e indústrias petroquímicas de grande porte, e são reatores catalíticos heterogêneos, ou seja, com catalisadores sólidos a bordo que podem custar mais de um milhão de dólares por carga, convertendo em geral matérias-primas orgânicas, agregando valor econômico aos produtos industrializados.</p> <p>Esses – os reatores heterogêneos – são os nossos principais alvos nesse curso de reatores químicos. Ao longo do semestre você aprenderá os princípios da cinética de processos catalíticos heterogêneos, compreenderá a desativação de catalisadores e estudará estratégias para a mitigação desse problema, analisará os efeitos difusivos em reatores com partículas porosas, estudará os princípios de reatores heterogêneos não-catalíticos para reações gás-sólido, terá contato com ferramentas computacionais aplicadas ao projeto e análise de reatores com partículas porosas e verá inúmeras aplicações (associadas aos fundamentos) de reatores multifásicos na indústria de processos.</p>



CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Introdução aos reatores multifásicos.
- Introdução à catálise heterogênea. Efeitos difusivos em reatores com partículas porosas. Fator de efetividade. Desativação de catalisadores.
- Reatores não-catalíticos para reações gás-sólido. Modelo do núcleo em encolhimento.
- Reatores multifuncionais. Torres de absorção, destilação e extração com reação.
- Reações catalíticas (oxidação seletiva, hidrogenação seletiva, conversão de metano, síntese de Fischer-Tropsch, síntese de Haber-Bosch).
- Reator de leito fluidizado. Reator de leito de lama (*slurry reactor*). Reator de leito gotejante (*trickle bed reactor*).
- Intensificação de processos catalíticos heterogêneos.
- Reatores catalíticos em aplicações ambientais.
- Reatores catalíticos na síntese de compostos de alto valor agregado.
- Reatores fotocatalíticos. Reatores eletrocatalíticos.
- Simulação de reatores heterogêneos usando fluidodinâmica computacional (CFD).

CRONOGRAMA

Data	Conteúdo
18/4	Discussão do plano de ensino. Introdução à catálise e reatores heterogêneos.
20/4	Cinética de reações catalíticas heterogêneas.
25/4	Cinética de reações catalíticas heterogêneas.
27/4	Análise de dados e projeto preliminar de reator catalítico heterogêneo.
2/5	Desativação catalítica.
4/5	Estratégias para operação de reatores catalíticos em desativação.
9/5	Estratégias para operação de reatores catalíticos em desativação.
11/5	Resolução de exercícios.
16/5	Primeira avaliação (A1).
18/5	Efeito da limitação à transferência de massa externa em catálise heterogênea.
23/5	Efeito da limitação à transferência de massa externa em catálise heterogênea.
25/5	Efeito da limitação à transferência de massa interna em catálise heterogênea.
30/5	Efeito da limitação à transferência de massa interna em catálise heterogênea.
1/6	Fator de efetividade global e reação com transferência de massa em leito fixo.
6/6	Critérios de Weisz-Prater e de Mears.
8/6	Reatores de leito fixo com limitação ao transporte de massa.
13/6	Modelo do núcleo em encolhimento.
15/6	Modelo do núcleo em encolhimento.
20/6	Resolução de exercícios.
22/6	Segunda avaliação (A2).
27/6	Seminário 1 (S1).
29/6	Seminário 1 (S1).
4/7	Seminário 1 (S1).
6/7	Análise de reatores catalíticos heterogêneos. Simulação computacional.
11/7	Análise de reatores catalíticos heterogêneos. Simulação computacional.
13/7	Análise de reatores catalíticos heterogêneos. Simulação computacional.
18/7	Análise de reatores catalíticos heterogêneos. Simulação computacional.
20/7	Seminário 2 (S2).
25/7	Seminário 2 (S2).
27/7	Seminário 2 (S2).
1/8	Avaliação de recuperação.
3/8	Data reservada para o fechamento das notas da disciplina.



METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

- As aulas serão ministradas presencialmente, em sala(s) de aula do EQA e no Laboratório de Informática do CTC (em período específico).
- O ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) Moodle (www.moodle.ufsc.br) consistirá na base de dados da disciplina, na plataforma para submissão de atividades e em ferramenta de comunicação entre o professor e os estudantes.
- A disciplina poderá contar com a participação de profissional(ais) da academia ou da indústria, com atuação na área de Catálise e Reatores Heterogêneos, para a ministração de palestras em data a ser divulgada em tempo hábil.
- Atendimento aos alunos ocorrerão presencialmente, na sala do professor, localizada no EQA/UFSC. Importante: enviar e-mail para agendar atendimento (data e horário) com antecedência de 24 h.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A análise da aprendizagem será realizada por meio de duas avaliações individuais (A1 e A2). Além disso, dois seminários em equipe comporão a avaliação do desempenho (S1 e S2). No seminário S1, um relatório deverá ser elaborado de acordo com as normas disponíveis em:

<https://portal.bu.ufsc.br/normalizacao/>.

Embora apresentados em conjunto, os seminários serão avaliados individualmente. Ao relatório, entretanto, será atribuída uma nota única para a equipe.

- O seminário 1 (S1) será pautado nos seguintes tópicos:

Reatores multifuncionais: torres de absorção, destilação e extração com reação; reatores de membranas. Reações catalíticas (oxidação seletiva, hidrogenação seletiva, conversão de metano, síntese de Fischer-Tropsch, síntese de Haber-Bosch).

- O seminário 2 (S2) será organizado com base nos seguintes tópicos:

Reator de leito fluidizado. Reator de leito de lama (*slurry reactor*). Reator de leito gotejante (*trickle bed reactor*). Intensificação de processos catalíticos em micro e mesorreatores. Reatores catalíticos em aplicações ambientais. Reatores catalíticos na síntese de compostos de alto valor agregado (indústria farmacêutica, por exemplo). Reatores fotocatalíticos. Reatores eletrocatalíticos. Simulação de reatores heterogêneos usando fluidodinâmica computacional (*computational fluid dynamics – CFD*).

As equipes deverão ser formadas até a segunda semana de aulas. A distribuição dos tópicos por equipe em cada um dos seminários se dará por meio de sorteio.

O relatório referente ao seminário 1 (S1) deve ser estruturado considerando os seguintes elementos norteadores: estrutura e operação dos equipamentos, princípios físicos, equações de projeto, aplicações. Nos seminários, as equipes devem procurar explorar imagens e vídeos.

- A nota final (NF) será assim distribuída:
 - Avaliações individuais (média aritmética simples de A1 e A2): 50%
 - Seminários (média aritmética simples de S1 e S2): 50%

Se $NF \geq 6,0$, o(a) aluno(a) estará aprovado(a). Se $3,0 \geq NF > 6,0$, será oferecida a possibilidade de realizar uma avaliação de recuperação (REC). Neste caso, a nota final corrigida (NF*) será calculada como segue:

$$NF^* = (NF + REC) / 2.$$

Será considerado(a) aprovado(a) o(a) aluno(a) que obtiver $NF^* \geq 6,0$.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

FOGLER, H. Scott. Elementos de engenharia das reações químicas. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002, 892 p.



FOGLER, H. Scott. Elementos de engenharia das reações químicas. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, 853 p.

FROMENT, Gilbert F.; BISCHOFF, Kenneth B. Chemical reactor analysis and design. 2. ed. New York: John Wiley, 1990, 664p.

LEVENSPIEL, Octave. Engenharia das reações químicas. São Paulo: Blucher, 2000, 563 p.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

DORAISWAMY, L.K.; UNER, D. Chemical reaction engineering: beyond the fundamentals. Boca Raton: CRC Press, 2014.

HILL, Charles G. An introduction to chemical engineering kinetics & reactor design. New York: John Wiley & Sons, 1977, 594 p.

JAKOBSEN, Hugo A. Fixed bed reactors. Notas de aula. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2011, 77 p.

RASE, Howard F. Chemical reactor design for process plants. New York: J. Wiley, 1977, 784 p.

RASE, Howard F. Fixed-bed reactor design and diagnostics: gas-phase reactions. Boston: Butterworths, 1990, 364 p.

ROBERTS, G.W. Reações químicas e reatores químicos. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 414 p. SCHMAL, Martin. Catálise heterogênea. Rio de Janeiro: Synergia, 2011, 358 p.

Material fornecido pelo professor no ambiente virtual de aprendizagem Moodle.

Sites para consulta de periódicos científicos (<http://www.sciencedirect.com/>, por exemplo).

OBSERVAÇÕES

Alterações nas datas propostas para os conteúdos discriminados podem ser necessárias de modo a otimizar a aprendizagem. As eventuais alterações serão discutidas entre o professor e os estudantes por meio do AVEA Moodle ou em sala de aula presencialmente.

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do Departamento