



## PLANO DE ENSINO – 2024/II

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA				
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS	TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
EQA5409	Cálculo de Reatores II	7216	4	72

II. PROFESSOR MINISTRANTE	CONTATO
Prof. Dr. Natan Padoin	<a href="mailto:natan.padoin@ufsc.br">natan.padoin@ufsc.br</a> (48) 3721 2532

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

IV. EQUIVALENTES
ENQ1409 ou ENQ5409

V. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
Engenharia Química

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

VII. OBJETIVOS
<p>Vivemos, possivelmente, o século da Engenharia Química e áreas correlatas. Importantes questões, como mudanças climáticas, transição energética, redução dos níveis de poluição e circularidade, demandam <i>expertise</i> de engenheiros químicos em diversos níveis de tomada de decisão.</p> <p>Neste contexto, a Engenharia das Reações Químicas, ramo da Engenharia Química que se ocupa do estudo das reações químicas, fenômenos de transporte associados e princípios de projeto de reatores, tem um papel relevante. O entendimento da integração entre fluidodinâmica, transferência de calor e massa, cinética das reações químicas e <i>design</i> de reatores é fundamental para a atuação do profissional em múltiplos espaços, tanto na indústria química tradicional (setor petroquímico, por exemplo) quanto em campos emergentes ou em transformação (indústrias farmacêutica, biomédica e aeroespacial, por exemplo) – sempre visando segurança e sustentabilidade desde a concepção –.</p> <p>A redução da geração de resíduos passa pela aceleração de reações desejadas e minimização de reações indesejadas. A demanda por <i>e-fuels</i> e <i>e-chemicals</i> passa pelo projeto de novos catalisadores e intensificação de reatores para a produção eficiente, limpa e escalonável. Processos termoquímicos de reciclagem de polímeros eficazes requerem o conhecimento da cinética intrínseca das reações. Além disso, a implementação de processos <i>net-zero</i> na indústria química é pautada, significativamente, em reações e reatores químicos com alto desempenho e tecnologias de separação com baixo consumo energético. Esses são apenas alguns exemplos!</p> <p>Nesta disciplina, você desenvolverá habilidades para calcular reatores químicos heterogêneos, ou seja, aqueles nos quais duas ou mais fases estão presentes (gás-sólido, gás-líquido e gás-líquido-sólido, por exemplo), integrando conhecimentos adquiridos em outras disciplinas do curso (dentre as quais podemos citar cálculo, programação em computadores, balanços de massa e energia, cinética química,</p>



fenômenos de transporte e termodinâmica) e assimilando novos conceitos específicos que o(a) capacitarão para projetar e analisar esses equipamentos.

Portanto, esta disciplina tem os seguintes objetivos:

#### GERAL

Capacitar o(a) aluno(a) para projetar e analisar reatores químicos heterogêneos.

#### ESPECÍFICOS

- Ensinar os princípios da catálise heterogênea, com ênfase no entendimento sobre propriedades e classificação de catalisadores e na obtenção de leis de velocidade para diferentes mecanismos reacionais.
- Discutir e aplicar conceitos sobre a desativação de catalisadores e meios para contorná-la.
- Explicar o efeito de limitações ao transporte em reatores catalíticos heterogêneos, buscando o entendimento fenomenológico e a assimilação de estratégias de mitigação.
- Apresentar os princípios de projeto e operação de reatores multifásicos.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	HORAS-AULA
<b>Apresentação e Discussão do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina</b> <b>Reatores Catalíticos Heterogêneos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução à Cinética de Reações Catalíticas Heterogêneas</li><li>• Introdução aos Efeitos de Transporte em Reatores Catalíticos Heterogêneos</li></ul>	4
<b>Catálise Heterogênea</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Catalisadores Heterogêneos</li><li>• Modelagem Cinética de Reações Catalíticas</li><li>• Desativação Catalítica</li><li>• Cálculo de Reatores Catalíticos Heterogêneos em Regime Cinético</li></ul>	22
<b>Efeitos de Transporte em Reatores Heterogêneos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limitações ao Transporte Externo e Interno de Calor e Massa em Reatores Heterogêneos</li><li>• Projeto e Análise de Reatores Heterogêneos com Limitação ao Transporte de Massa</li><li>• Projeto e Análise de Reatores Multifásicos</li></ul>	28
<b>Avaliações Escritas e Individuais (3). Revisão do Conteúdo. Avaliação de Recuperação.</b>	10

IX. CRONOGRAMA	
Data	Conteúdo
26 e 28 de AGO (4 h/a)	<b>Apresentação e Discussão do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina</b> <b>MÓDULO I: Reatores Catalíticos Heterogêneos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução à Cinética de Reações Catalíticas Heterogêneas</li><li>• Introdução aos Efeitos de Transporte em Reatores Catalíticos Heterogêneos</li></ul>
2 de SET a 7 de OUT (22 h/a)	<b>MÓDULO II: Catálise Heterogênea</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Catalisadores Heterogêneos</li><li>• Modelagem Cinética de Reações Catalíticas</li><li>• Desativação Catalítica</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cálculo de Reatores Catalíticos Heterogêneos em Regime Cinético</li></ul> <p><b>Obs.:</b> 30/9 e 2/10 – SAEQA. 7/10 e 9/10 – CIPOA.</p>
9 de OUT (2 h/a)	<b>PRIMEIRA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P1)</b>
14 a 30 de OUT (10 h/a)	<b>MÓDULO III: Transporte Externo de Calor e Massa em Reatores Heterogêneos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limitações ao Transporte Externo Calor e Massa em Reatores Heterogêneos</li></ul> <p><b>Obs.:</b> 28/10 – Dia não letivo</p>
4 de NOV (2 h/a)	<b>SEGUNDA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P2)</b>
6 de NOV a 9 de DEZ (18 h/a)	<b>MÓDULO IV: Transporte Interno de Calor e Massa em Reatores Heterogêneos. Análise de Reatores Heterogêneos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limitações ao Transporte Interno de Calor e Massa em Reatores Heterogêneos</li><li>• Efeitos de Transporte Combinados em Retores Heterogêneos</li><li>• Projeto e Análise de Reatores Multifásicos</li></ul> <p><b>Obs.:</b> 20/11 – Dia não letivo</p>
11 de DEZ (2 h/a)	<b>TERCEIRA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P3)</b>
16 de DEZ (2 h/a)	Atendimento a Dúvidas e Revisão para a Avaliação de Recuperação
18 de DEZ (2 h/a)	<b>AVALIAÇÃO DE RECUPERAÇÃO (REC)</b>

#### X. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

As aulas serão ministradas **presencialmente**, na sala de aula EQA022 do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, utilizando lousa e recursos audiovisuais. Eventualmente, as aulas serão ministradas em sala do Laboratório de Informática do CTC (LIICT) – em data e local informados em tempo hábil.

O ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) **Moodle** ([www.moodle.ufsc.br](http://www.moodle.ufsc.br)) consistirá na base de dados da disciplina e na ferramenta de comunicação entre o professor e os estudantes e vice-versa.

Atendimentos aos alunos ocorrerão **presencialmente**, na sala do professor, nos seguintes horários:

**TERÇA-FEIRA**  
13h30min – 14h30min



**QUINTA-FEIRA**

13h30min – 14h30min

**OU POR AGENDAMENTO**

Através do **e-mail** disponibilizado na seção II.

A disciplina contará com a participação de estagiário docente:

**M.Sc. Jesús Efrain Apolinar Hernández**

Doutorando no PósENQ/UFSC

Contato: [jesus.aphernandez@gmail.com](mailto:jesus.aphernandez@gmail.com)

Local de Atendimento: LabMAC – Laboratório de Materiais e Computação Científica (LabMAC I)

As frequências nas aulas serão registradas pelo professor em sala de aula e disponibilizadas no *Moodle*.

Assuntos ministrados em outras disciplinas do curso (cálculo, programação em computadores, balanços de massa e energia, cinética química, fenômenos de transporte e termodinâmica) serão considerados conhecidos. Se necessário, reserve um tempo para revisá-los. Eles são essenciais na sua formação!

Eventuais alterações nas datas propostas na seção IX serão possíveis apenas com a concordância de **todos(as)** os(as) alunos(as) matriculados na turma com frequência suficiente, através de enquete disponibilizada no *Moodle*.

**XI. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

A análise da aprendizagem será realizada por meio de três **avaliações individuais**. A **primeira avaliação** escrita e individual (**P1**) versará sobre os **MÓDULOS I e II**. A **segunda avaliação** escrita e individual (**P2**) será pautada no **MÓDULO III**. Além disso, a terceira avaliação (**P3**), escrita e individual, abrangerá o conteúdo do **MÓDULO IV**.

Um **projeto (PROJ)** em **equipe**, de até **três** alunos(as), também comporá a avaliação do desempenho. As equipes deverão se organizar até a **segunda semana de aulas**. Os nomes com os integrantes de cada equipe deverão ser enviados por um representante da equipe para o **e-mail** disponível na seção II. Cada equipe deverá selecionar um tema a partir de informações disponíveis na literatura (artigos científicos e livros) e projetar um reator com foco na produção industrial. Caberá à equipe formular um problema a ser resolvido e apresentar os cálculos necessários para o dimensionamento do reator, assim como as hipóteses assumidas no equacionamento. O projeto deverá gravado em **vídeo** e enviado via plataforma *Moodle* até o dia **9/12/2024**.

A **nota final (NF)** será calculada de acordo com a equação:

$$NF = 0,25 \times P1 + 0,30 \times P2 + 0,30 \times P3 + 0,15 \times PROJ$$

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 escrita e individual de recuperação (REC). Neste caso, a nota final corrigida (NF\*) será calculada como segue:

$$NF^* = \frac{NF + REC}{2}$$

Será aprovado(a) o(a) aluno(a) que obtiver **NF\***  $\geq$  **6,0** e tiver **frequência suficiente** nas aulas.

**XII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas. São Paulo: Blucher, 2000, 563 p.

FOGLER, H.S. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, 853 p.



### **XIII. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

DORAISWAMY, L.K.; UNER, D. Chemical Reaction Engineering: Beyond the Fundamentals. Boca Raton: CRC Press, 2014.

FROMENT, G.F.; BISCHOFF, K.B. Chemical Reactor Analysis and Design. 2. ed. New York: John Wiley, 1990, 664p.

HILL, C.G. An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design. New York: John Wiley & Sons, 1977, 594 p.

JAKOBSEN, H.A. Fixed Bed Reactors. Notas de aula. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2011, 77 p.

RASE, H.F. Chemical Reactor Design for Process Plants. New York: J. Wiley, 1977, 784 p.

RASE, H.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).

---

Prof. Dr. Natan Padoin  
Docente da Disciplina

---

Prof. Dr. Agenor Furigo Junior  
Chefe do Departamento