



## **PLANO DE ENSINO – 2025/I**

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

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

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

<b>IV. EQUIVALENTES</b>
ENQ1409 ou ENQ5409

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

<b>VI. EMENTA</b>
Reatores multifásicos. Catálise heterogênea. Reatores catalíticos heterogêneos. Reatores fluido-fluido. Reatores sólido-fluido. Análise de reatores.

<b>VII. OBJETIVOS</b>
<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>	36
<b>Provas Escritas e Individuais (3). Atendimento e Esclarecimento de Dúvidas para a Avaliação de Recuperação. Avaliação de Recuperação.</b>	10

IX. CRONOGRAMA	
Data	Conteúdo
10 e 12 de MAR (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>
17 de MAR a 28 de ABR (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>
30 de ABR (2 h/a)	<b>PRIMEIRA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P1)</b>
5 a 26 de MAI (14 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>
28 de MAI (2 h/a)	<b>SEGUNDA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P2)</b>
2 de JUN a 7 de JUL (22 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> <b>Início da Apresentação dos Projetos: 11/6</b>
9 de JUL (2 h/a)	<b>TERCEIRA AVALIAÇÃO ESCRITA E INDIVIDUAL (P3)</b>
14 de JUL (2 h/a)	Atendimento – Esclarecimento de Dúvidas para a Avaliação de Recuperação
16 de JUL (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 **EQA22** do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, utilizando lousa e recursos audiovisuais. Eventualmente, as aulas serão ministradas em salas do Laboratório de Informática do CTC (LIICT) – sala **LIICT2** nas segundas-feiras e sala **LIICT5** nas quartas-feiras. A turma será comunicada em tempo hábil sobre os períodos de aulas ministradas no LIICT.

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.

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 com a concordância de **todos(as)** os(as) alunos(as) matriculados na turma e com frequência suficiente, através de enquete disponibilizada no *Moodle*.

## XI. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Parte da avaliação da aprendizagem será realizada por meio de **três provas escritas e individuais**. A **primeira prova escrita e individual (P1)** versará sobre os **MÓDULOS I e II**. A **segunda prova escrita e individual (P2)** será pautada no **MÓDULO III**. Além disso, a **terceira prova escrita e individual (P3)** 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 (em artigos científicos) e projetar um **reator de leito fixo ou reator de leito móvel ou reator de leito fluidizado circulante ou reator de leito de lama**. Caberá à equipe **formular o problema** a ser resolvido e **apresentar os cálculos** necessários para o **dimensionamento do reator**, assim como as **hipóteses** assumidas no equacionamento. Uma lista de possíveis reações a serem abordadas neste projeto será fornecida via *Moodle*. O projeto será apresentado em sala nos **30 min** finais de cada aula a partir do dia **11/6**, utilizando recursos audiovisuais (projeção de *slides*, reprodução de vídeo – quando aplicável –, apresentação de simulações, etc.). Um sorteio será realizado para a definição da ordem de apresentação.

A **nota final (NF)** será calculada de acordo com a seguinte equação e ajustada segundo os critérios de arredondamento da UFSC:

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

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 (e ajustada segundo os critérios de arredondamento da UFSC):

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

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

## XII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

FOGLER, H. S. **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. xxix, 853 p. ISBN 9788521617167.



JAKOBSEN, H. A. **Chemical Reactor Modeling: Multiphase Reactive Flows**. 1st ed. 2008. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg: Imprint: Springer, 2008. lii, 1244 p. 127 il ISBN 9783540686224. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68622-4>.

LEVENSPIEL, O. **Engenharia das Reações Químicas**. São Paulo: Edgard Blucher, c2000. xvii, 563 p. ISBN 9788521202752.

### XIII. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

FROMENT, G. F.; BISCHOFF, K. B. **Chemical Reactor Analysis and Design**. 2. ed. New York: John Wiley, 1990. xxxiv, 664 p. (Wiley series in chemical engineering). ISBN 0471510440.

NASCIMENTO, M. A. (ed). **Theoretical Aspects of Heterogeneous Catalysis**. 1st ed. 2001. Dordrecht: Springer Netherlands: Imprint: Springer, 2001. x, 258 p (Progress in Theoretical Chemistry and Physics, 1567-7354; 8). ISBN 9780306476679. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/0-306-47667-3>.

SMITH, J. M. **Chemical Engineering Kinetics**. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, c1970. xviii, 612 p. (McGraw-Hill chemical engineering series).

VAN SANTEN, R. A.; NIEMANTSVERDRIET, H. (J.)W. **Chemical Kinetics and Catalysis**. 1st ed. 1995. New York, NY: Springer US: Imprint: Springer, 1995. xi, 280 p (Fundamental and Applied Catalysis, 1574-0447). ISBN 9781475796438. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9643-8>.

VANNICE, M. A. **Kinetics of Catalytic Reactions**. 1st ed. 2005. New York, NY: Springer US: Imprint: Springer, 2005. xx, 240 p ISBN 9780387259727. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/b136380>.

---

Prof. Dr. Natan Padoin  
Docente da Disciplina

---

Prof. Dr. Alan Ambrosi  
Chefe do Departamento