



## **PLANO DE ENSINO – 2021/II**

<b>IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DA DISCIPLINA</b>	<b>TURMA</b>	<b>N.º DE HORAS-AULA SEMANAIS</b>	<b>TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS</b>
<b>EQA5416</b>	<b>Fenômenos de Transferência II</b>	<b>06216</b>	<b>4</b>	<b>72</b>

<b>PROFESSORA MINISTRANTE</b>	<b>CONTATO</b>
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Cíntia Soares	Endereço eletrônico: cintia.soares@ufsc.br

<b>PRÉ-REQUISITO(S)</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DA DISCIPLINA</b>
<b>EQA5415</b> (Engenharia Química e Engenharia de Alimentos)	Fenômenos de Transferência I

<b>EQUIVALENTES</b>
ENQ1416 ou ENQ5416

<b>CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA</b>
Curso de Graduação em Engenharia Química Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos

<b>EMENTA</b>
Transferência de calor por condução. Transferência de calor por convecção. Radiação térmica.

<b>OBJETIVOS</b>
<b>GERAL</b> As disciplinas de Fenômenos de Transferência abrangem os tópicos de transferência de quantidade de movimento, calor e massa. Para os cursos de graduação em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos estas disciplinas são absolutamente fundamentais (e não apenas uma área de conhecimento), na medida em que abrangem conteúdos que serão utilizados na maioria das disciplinas subsequentes. Com efeito, não é possível imaginar o ensino das Operações Unitárias, do Cálculo de Reatores e da Simulação de Processos Químicos sem um bom entendimento das disciplinas de Fenômenos de Transferência. Desta forma, <b>Fenômenos de Transferência</b> é uma disciplina básica da formação das habilitações profissionais da Engenharia. Ela trata da formação do pensamento científico de forma que processos reais, produtivos ou do cotidiano sejam caracterizados, analisados e representados por modelos matemáticos descritivos dos processos.  Nesta direção, a disciplina visa desenvolver o raciocínio abstrato e crítico e o estímulo às considerações lógicas da ciência de fenômenos de transferência de calor e postulação de hipóteses, permitindo-lhe a percepção dos processos conservativos, tanto nas abordagens macroscópicas quanto microscópicas, além de fornecer aos(as) estudantes fundamentos que permitam a análise de processos e o projeto de equipamentos onde esse fenômeno de transporte seja importante. Além disto, é objetivo da disciplina habilitar o(a) estudante a resolver problemas concretos (práticos) em transferência de calor, modelando situações reais (através das equações de conservação), promovendo abstrações e adequando os casos ilustrados a novas situações. Visa também capacitar o(a) estudante a realizar cálculos de transferência de calor, utilizando os mecanismos de condução, convecção e radiação.



### ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos destacam-se:

- apresentar e discutir os princípios fundamentais da transferência de calor por condução, por convecção e por radiação;
- modelar e aplicar os fenômenos de transferência de calor por condução, convecção e radiação;
- analisar e identificar a ocorrência dos fenômenos de transferência de calor nas principais operações unitárias da indústria química e de alimentos.

Sendo assim, ao final do semestre o(a) estudante deverá ser capaz de:

- internalizar o significado da terminologia e dos princípios físicos associados à transferência de calor;
- delinear os fenômenos de transferência pertinentes para qualquer processo ou sistema que envolva transferência de calor;
- utilizar as informações necessárias para calcular taxas e fluxos de transferência de calor e/ou determinar perfis de temperatura;
- desenvolver modelos representativos de processos ou sistemas reais e tirar conclusões sobre o projeto ou o desempenho de processos/sistemas a partir da respectiva análise.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	HORAS-AULA
<b>PROGRAMA TEÓRICO</b>	
<b>1. Introdução e Conceitos Básicos (Aulas Síncronas e Assíncronas)</b> 1.1 Termodinâmica e Transferência de Calor 1.2 Transferência de Calor na Engenharia 1.3 Calor e Outras Formas de Energia 1.4 Primeira Lei da Termodinâmica 1.5 Fundamentos de Transferência de Calor por Condução, Convecção e Radiação 1.6 Técnicas para Solução de Problemas	<b>8</b>
<b>2. Equação de Condução de Calor (Aulas Síncronas e Assíncronas)</b> 2.1 Equação de Condução de Calor Unidimensional 2.2 Equação Geral de Condução de Calor 2.3 Condições Inicial e de Contorno 2.4 Solução de Problemas de Condução de Calor Unidimensional em Regime Permanente 2.5 Condutividade Térmica Variável	<b>14</b>
<b>3. Condução de Calor Permanente (Aulas Síncronas e Assíncronas)</b> 3.1 Condução de Calor Permanente em Paredes Planas 3.2 Redes Generalizadas de Resistência Térmica 3.3 Condução de Calor em Cilindros e Esferas 3.4 Raio Crítico de Isolamento 3.5 Transferência de Calor a Partir de Superfícies Aletadas 3.6 Transferência de Calor em Configurações Comuns	<b>14</b>
<b>4. Condução de Calor em Regime Transiente (Aulas Síncronas e Assíncronas)</b> 4.1 Capacitância Global 4.2 Sólido Semi-Infinito 4.3 Soluções Analíticas e Cartas de Heisler	<b>8</b>
<b>5. Transferência de Calor por Convecção (Aulas Síncronas e Assíncronas)</b> 5.1 Camada Limite Térmica 5.2 Espessura da Camada Limite 5.3 Método da Similaridade 5.4 Análise Integral	<b>6</b>
<b>6. Transferência de Calor por Convecção Forçada e Natural (Aulas Síncronas)</b> 6.1 Escoamento no Interior de Dutos 6.2 Região de Entrada Hidrodinâmica e Térmica 6.3 Temperatura de Mistura 6.4 Análise para Temperatura Prescrita e Fluxo de Calor Prescrito	<b>4</b>



6.5 Escoamento Externo 6.6 Aproximação de Boussinesq 6.7 Placa Plana, Cilindro e Esfera	
<b>7. Transferência de Calor por Radiação (Aulas Assíncronas)</b> 7.1 Conceitos Fundamentais 7.2 Radiação de Corpo Negro 7.3 Corpo Cinza 7.4 Fator de Forma Radiante	<b>6</b>
<b>Avaliações (Atividades Síncronas e Assíncronas)</b> 9/11/2021 – Lista de Exercícios (LE1) – Atividade Assíncrona 23/11/2021 – Lista de Exercícios (LE2) – Atividade Assíncrona 7/12/2021 – Avaliação Escrita e Individual (P1) – Atividade Síncrona ou Assíncrona 15/2/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P2) – Atividade Síncrona ou Assíncrona 8/3/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P3) – Atividade Síncrona ou Assíncrona 24/3/2022 – Prova de Recuperação (REC) – Atividade Assíncrona	<b>12</b>
<b>Feriados</b> 2/11/2021 – Finados 1/3/2022 – Carnaval	<b>4</b>
<b>Carga Horária Total</b>	<b>76 horas- aula – 4 horas-aula de feriado = 72 horas- aula</b>
<b>PROGRAMA PRÁTICO</b>	
Não se aplica.	

<b>Data</b>	<b>Conteúdo</b>
26/10/2021 - 9/11/2021  8 horas-aula  Aulas Síncronas e Assíncronas	<b>Recepção dos(as) Estudantes e Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina.</b>  <b>Discussão Detalhada do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle.</b>  <b>Introdução e Conceitos Básicos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• termodinâmica e transferência de calor;</li><li>• transferência de calor na engenharia;</li><li>• calor e outras formas de energia;</li><li>• primeira lei da termodinâmica;</li><li>• fundamentos de transferência de calor por condução, convecção e radiação;</li><li>• técnicas para solução de problemas;</li><li>• aulas de exercícios.</li></ul>
<b>2/11/2021</b>  <b>2 horas- aula</b>	<b>Feriado - Finados</b>
<b>9/11/2021</b>  <b>2 horas- aula</b>  <b>Atividade Assíncrona</b>	<b>Atividade Avaliativa – Lista de Exercícios (LE1)</b>
11/11/2021 - 2/12/2021  14 horas-aula	<b>Equação de Condução de Calor:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• equação de condução de calor unidimensional;</li><li>• equação geral de condução de calor;</li><li>• condições inicial e de contorno;</li><li>• solução de problemas de condução de calor unidimensional em regime permanente;</li></ul>

Aulas Síncronas e Assíncronas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condutividade térmica variável;</li> <li>• aulas de exercícios.</li> </ul>
<b>23/11/2021</b>  <b>2 horas-aula</b>  <b>Atividade Assíncrona</b>	<b>Atividade Avaliativa – Lista de Exercícios (LE2)</b>
<b>7/12/2021</b>  <b>2 horas-aula</b>  <b>Atividade Síncrona ou Assíncrona</b>	<b>Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P1)</b>
9/12/2021 - 10/2/2022  14 horas-aula  Aulas Síncronas e Assíncronas	<b>Condução de Calor Permanente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• condução de calor permanente em paredes planas;</li> <li>• redes generalizadas de resistência térmica;</li> <li>• condução de calor em cilindros e esferas;</li> <li>• raio crítico de isolamento;</li> <li>• transferência de calor a partir de superfícies aletadas;</li> <li>• transferência de calor em configurações comuns;</li> <li>• aulas de exercícios.</li> </ul>
<b>15/2/2022</b>  <b>2 horas-aula</b>  <b>Atividade Síncrona ou Assíncrona</b>	<b>Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P2)</b>
17/2/2022 - 3/3/2022  8 horas-aula  Aulas Síncronas e Assíncronas	<b>Transferência de Calor em Regime Transiente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• capacitância global;</li> <li>• sólido semi-infinito;</li> <li>• soluções analíticas e cartas de Heisler;</li> <li>• aulas de exercícios.</li> </ul>
<b>1/3/2022</b>  <b>2 horas-aula</b>	<b>Feriado – Carnaval</b>
<b>8/3/2022</b>  <b>2 horas-aula</b>  <b>Atividade Síncrona ou Assíncrona</b>	<b>Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P3)</b>
10/3/2022 - 17/3/2022	<b>Transferência de Calor por Convecção:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• camada limite térmica;</li> <li>• espessura da camada limite;</li> <li>• método da similaridade;</li> </ul>

6 horas-aula  Aulas Síncronas e Assíncronas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• análise integral;</li> <li>• aulas de exercícios.</li> </ul>
<b>17/3/2023</b> - <b>22/3/2022</b>  <b>4 horas-aula</b>  <b>Aulas Síncronas</b>	<b>Apresentação de Seminário Semestral:</b>  <b>Transferência de Calor por Convecção Forçada e Natural:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• escoamento no interior de dutos;</li> <li>• região de entrada hidrodinâmica e térmica;</li> <li>• temperatura de mistura;</li> <li>• análise para temperatura prescrita e fluxo de calor prescrito;</li> <li>• escoamento externo;</li> <li>• aproximação de Boussinesq;</li> <li>• placa plana, cilindro e esfera.</li> </ul>
17/3/2022 - 22/3/2022  6 horas-aula  Aulas Assíncronas	<b>Transferência de Calor por Radiação:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conceitos fundamentais;</li> <li>• radiação de corpo negro;</li> <li>• corpo cinza;</li> <li>• fator de forma radiante.</li> </ul>
<b>24/3/2022</b>  <b>2 horas-aula</b>  <b>Atividade Assíncrona</b>	<b>Prova de Recuperação (REC)</b>

#### METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

##### • SOBRE AS AULAS

A docente considera que o ensino remoto não consiste em uma mera transposição das aulas presenciais. Assim, para que os(as) estudantes se motivem a participar ativamente da aula virtual, as diversas atividades de ensino na disciplina serão síncronas e assíncronas, o que dependerá do conteúdo a ser ministrado. Para tanto, os(as) estudantes regularmente matriculados(as) na disciplina serão informados(as) com antecedência a respeito do método que será utilizado.

##### • AULAS SÍNCRONAS

No que diz respeito às aulas síncronas, estas serão ministradas nos horários da disciplina (terças-feiras e quintas-feiras a partir das 15h10min) empregando uma das diversas ferramentas gratuitas de apoio ao ensino remoto disponíveis, a saber:

- 1) Google Meet;
- 2) Web Conferência RNP;
- 3) Big Blue Button;
- 4) Microsoft Teams;
- 5) Skype;
- 6) entre outras.



Aulas expositivas (síncronas) serão realizadas com a utilização de material de apoio para apresentação dos conteúdos, de softwares, de simulações, de experimentos virtuais, de vídeos e de debates, além da aplicação do aprendizado baseado em problema (PBL). **Uma vez gravada, a aula será disponibilizada apenas aos estudantes da disciplina. É importante informar que uma vez disponibilizada, a aula gravada não poderá ser repassada a terceiros sem autorização prévia da docente da disciplina.**

- **AULAS ASSÍNCRONAS**

As aulas assíncronas envolverão atividades a serem desenvolvidas pelos(as) estudantes e que farão uso de ferramentas diversas e presentes no *Moodle*, tais como fórum, glossário, questionário, tarefa, wiki, entre outras. Estas serão utilizadas nas seguintes atividades:

- 1) resolução de listas de exercícios;
- 2) aulas de exercícios;
- 3) desenvolvimento de atividades referentes aos conteúdos da disciplina;
- 4) desenvolvimento de projetos individuais ou em grupo.

Para o desenvolvimento das aulas assíncronas, o Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* será e deverá ser utilizado para a entrega das atividades.

- **DISPONIBILIZAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO E COMUNICAÇÃO ESTUDANTE-PROFESSOR E PROFESSOR-ESTUDANTE**

Todo o material didático da disciplina será disponibilizado no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*, bem como toda a comunicação entre estudante-professor e professor-estudante. Para tanto, mantenha atualizado seu endereço eletrônico no *Moodle* e tenha o hábito de acessar periodicamente a referida ferramenta.

- **ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS**

As dúvidas referentes ao conteúdo ministrado na disciplina serão esclarecidas de forma remota através de agendamento prévio com a docente da disciplina.

- **FREQUÊNCIA NA DISCIPLINA**

As frequências na disciplina serão computadas e devidamente registradas no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* no item "Frequência".

- **OBSERVAÇÃO**

É importante mencionar que a docente avaliará permanentemente o processo pedagógico não presencial e irá propor alterações sempre que julgar necessário, de modo a garantir o máximo aproveitamento dos conteúdos ministrados na disciplina.

### **METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

Para a avaliação da disciplina serão realizadas as seguintes atividades:

- 1) durante o semestre serão realizadas três avaliações escritas e individuais envolvendo os conteúdos ministrados. Esta atividade será disponibilizada no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* ou em formulários do *Google Forms*. Além disto, serão realizadas em três momentos da disciplina (7/12/2021, 15/2/2022 e 8/3/2022). A estas atividades (P1, P2 e P3) será atribuído o peso de 80%, sendo para as avaliações P1 e P2 o peso de 30% cada uma, e para a avaliação P3 o peso de 20% na composição da Média Final (MF);

- 2) serão apresentadas também duas Listas de Exercícios (LE1 e LE2), as quais serão disponibilizadas no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* e deverão ser resolvidas em equipe de até 4 (quatro) estudantes. Esta atividade terá um peso de 10%, sendo cada lista com peso de 5% na composição da Média Final (MF);
- 3) além disso, os(as) estudantes deverão desenvolver um trabalho que envolverá o item 6 do Conteúdo Programático da disciplina. Esta atividade deverá ser desenvolvida durante o semestre e ser apresentada na forma de um seminário (SEM) ao final do semestre. Este trabalho será realizado em equipe de até 4 (quatro) estudantes e deverá incluir o conteúdo com o tema selecionado. Tal atividade terá um peso de 10% na composição da Média Final (MF) e todos os integrantes da equipe deverão participar do desenvolvimento da atividade e da apresentação final. Demais informações acerca do trabalho semestral serão apresentadas em aula.

Assim, a composição da Média Final (MF) será realizada da seguinte forma:

$$\text{Média Final} = [0,05 \cdot \text{LE1} + 0,05 \cdot \text{LE2} + 0,3 \cdot \text{P1} + 0,3 \cdot \text{P2} + 0,2 \cdot \text{P3} + 0,1 \cdot \text{SEM}]$$

Será considerado(a) aprovado(a) o(a) estudante que obtiver **Média Final (MF) maior ou igual a 6,0 (seis vírgula zero)** e **frequência mínima de 75% (setenta e cinco por cento)** ao final do semestre.

A Média Final (MF) 6,0 (60% dos pontos) é considerada a mínima para a aprovação, e não é o que se deve perseguir como objetivo a ser alcançado.

Ao(à) estudante que obtiver frequência mínima de 75% e Média Final (MF) entre 3,0 e 6,0 ao final do semestre, será oferecida a possibilidade de realizar uma prova de recuperação (REC), escrita e individual, sobre todo o conteúdo ministrado no semestre, em data prevista no cronograma proposto.

Nesse caso, a Média Final (MF), a ser considerada para fins de aprovação na disciplina, será calculada como segue:

$$\text{Média Final} = (\text{Média Final Semestral} + \text{REC})/2$$

Será considerado(a) aprovado(a) o(a) estudante que obtiver Média Final (MF) maior ou igual a 6,0 (seis vírgula zero).

#### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA** (em ordem alfabética)

Caso o(a) estudante tenha acesso à literatura, estes são os livros recomendados:

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de calor e massa**. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2012. 1 CD-ROM.

INCROPERA, Frank P.; BERGMAN, T. L.; DEWITT, David P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2008. xix, 643 p.

Todo o conteúdo necessário para o perfeito acompanhamento da disciplina está disponível em materiais elaborados pela docente da disciplina e que são disponibilizados aos(às) estudantes no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*.

#### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR** (em ordem alfabética)

Caso o(a) estudante tenha acesso à literatura, estes são os livros recomendados:

BENNETT, C. O.; MYERS, J. E. (John Earle). **Fenômenos de transporte**: quantidade de movimento, calor e massa. São Paulo: McGraw-Hill, c1978. Não paginado.

BERGMAN, T. L. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2014. xvi, 672 p.



BIRD, R. Byron; STEWART, Warren E.; LIGHTFOOT, Edwin N. **Fenômenos de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2004. xv, 838 p.

KAYS, W M. **Convective heat and mass transfer**. W. M. Kays. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1993. 601 (McGraw-Hill series in mechanical engineering).

MIDDLEMAN, Stanley. **An introduction to mass and heat transfer: principles of analysis and design**. New York: J. Wiley, 1997. xviii, 672p.

WELTY, James R; WICKS, Charles E; WILSON, Robert E. (Robert Elliot); RORRER, Gregory L. **Fundamentals of momentum, heat and mass transfer**. 5<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley, 2008. xxii, 803p.

WHITE, Frank M. **Heat and mass transfer**. United States of America: Addison Wesley, 1988.

### OBSERVAÇÕES

1. As datas propostas, bem como a metodologia de ensino para os conteúdos discriminados e/ou para as avaliações, poderão sofrer alteração em função da dinâmica da turma na disciplina ao longo do semestre.

2. Alterações nas datas propostas para os conteúdos discriminados e/ou para as avaliações, se necessárias, serão discutidas em aula e/ou por meio da ferramenta *Moodle*. Ressalta-se que eventuais alterações nas datas previstas para as avaliações serão possíveis apenas se **TODOS(AS)** os(as) estudantes matriculados(as) concordarem por escrito ou por meio de registro digital no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*.

### NOTA IMPORTANTE

(Extrato do Ofício Circular Conjunto n.º 003/2021/PROGRAD/SEAI)

Espera-se dos(as) discentes condutas adequadas ao contexto acadêmico. Atos que sejam contra:

a) integridade física e moral da pessoa; o patrimônio ético, científico, cultural, material e, inclusive o de informática; e o exercício das funções pedagógicas, científicas e administrativas, poderão acarretar abertura de processo disciplinar discente, nos termos da Resolução n.º 017/CUn/97, que prevê como penalidades possíveis a advertência, a repreensão, a suspensão e a eliminação (desligamento da UFSC).

b) Devem ser observados os direitos de imagem tanto de docentes, quanto de discentes, sendo vedado disponibilizar, por quaisquer meios digitais ou físicos, os dados, a imagem e a voz de colegas e do(a) professor(a), sem autorização específica para a finalidade pretendida e/ou para qualquer finalidade estranha à atividade de ensino, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

c) Todos os materiais disponibilizados no ambiente virtual de ensino-aprendizagem são exclusivamente para fins didáticos, sendo vedada a sua utilização para qualquer outra finalidade, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

d) Somente poderão ser gravadas pelos discentes as atividades síncronas propostas mediante concordância prévia dos docentes e colegas, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

e) A gravação das aulas síncronas pelo(a) docente deve ser informada aos discentes, devendo ser respeitada a sua liberdade quanto à exposição da imagem e da voz.

f) A liberdade de escolha de exposição da imagem e da voz não isenta o(a) discente de realizar as atividades avaliativas originalmente propostas ou alternativas, devidamente especificadas no plano de ensino.





#### **DIREITO AUTORAL**

As aulas remotas estão protegidas pelo **DIREITO AUTORAL**.

Baixar, reproduzir, compartilhar, comunicar ao público, transcrever, transmitir, entre outros, o conteúdo das aulas ou de qualquer material didático pedagógico só é possível **COM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO**.

Respeite a privacidade e os direitos de imagem tanto dos docentes quanto dos colegas. Não compartilhe *prints*, fotos, etc. sem a permissão explícita de todos os participantes.

O(a) estudante que desrespeitar esta determinação estará sujeito(a) a sanções disciplinares previstas no Capítulo VIII, Seção I, da Resolução n.º 017/CUn/1997 e o estabelecido na Lei n.º 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 (legislação sobre direitos autorais e de outras providências).

**AVISO LEGAL:** A docente não autoriza o uso de imagens, vídeos, etc. fora do âmbito do estudo da disciplina. Evite sanções legais.

***Desejo a todos(as) um excelente semestre letivo!!!!***

\_\_\_\_\_  
Assinatura da Professora

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Chefe do  
Departamento