



PLANO DE ENSINO – 2020/I

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

PROFESSORA MINISTRANTE	CONTATO
Prof. ^a Dr. ^a Cíntia Soares	Endereço eletrônico: cintia.soares@ufsc.br

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

EQUIVALENTES
ENQ1416 ou ENQ5416

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

EMENTA
Transferência de calor por condução. Transferência de calor por convecção. Radiação térmica.

OBJETIVOS
<p>GERAL</p> <p>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, Fenômenos de Transferência 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.</p> <p>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(às) 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.</p>



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:

- 1) internalizar o significado da terminologia e dos princípios físicos associados à transferência de calor;
- 2) delinear os fenômenos de transferência pertinentes para qualquer processo ou sistema que envolva transferência de calor;
- 3) utilizar as informações necessárias para calcular taxas e fluxos de transferência de calor e/ou determinar perfis de temperatura;
- 4) 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

PROGRAMA TEÓRICO

1. Introdução ao Estudo da Transferência de Calor

- 1.1 Fundamentos de Transferência de Calor por Condução, Convecção e Radiação

2. Transferência de Calor por Condução

- 2.1 A Equação da Taxa da Condução
- 2.2 Propriedades Térmicas da Matéria
- 2.3 A Equação da Difusão Térmica
- 2.4 A Equação Diferencial da Transferência de Calor
- 2.5 Condições Inicial e de Contorno

3. Condução Unidimensional em Regime Estacionário

- 3.1 A Parede Plana e Sistemas Radiais
- 3.2 Coeficiente Global

4. Transferência de Calor em Superfícies Estendidas

- 4.1 Espessura Crítica de Isolamento
- 4.2 Aletas

5. Transferência de Calor em Regime Transiente

- 5.1 Capacitância Global
- 5.2 Sólido Semi-Infinito
- 5.3 Soluções Analíticas e Cartas de Heisler

6. Transferência de Calor por Convecção

- 6.1 Camada Limite Térmica
- 6.2 Espessura da Camada Limite
- 6.3 Método da Similaridade
- 6.4 Análise Integral

7. Transferência de Calor por Convecção Forçada e Natural

- 7.1 Escoamento no Interior de Dutos
- 7.2 Região de Entrada Hidrodinâmica e Térmica
- 7.3 Temperatura de Mistura
- 7.4 Análise para Temperatura Prescrita e Fluxo de Calor Prescrito
- 7.5 Escoamento Externo
- 7.6 Aproximação de Boussinesq
- 7.7 Placa Plana, Cilindro e Esfera

8. Transferência de Calor por Radiação

- 8.1 Conceitos Fundamentais
- 8.2 Radiação de Corpo Negro
- 8.3 Corpo Cinza
- 8.4 Fator de Forma Radiante

Aula	Conteúdo
Aula 1 05/03 2 horas- aula Aula Presencial	Recepção dos(as) Estudantes e Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina. Discussão Detalhada do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle. Introdução ao Estudo da Transferência de Calor: <ul style="list-style-type: none">• fundamentos de transferência de calor por condução, convecção e radiação.
Aula 2 10/03 2 horas- aula Aula Presencial	Introdução ao Estudo da Transferência de Calor: <ul style="list-style-type: none">• fundamentos de transferência de calor por condução, convecção e radiação;• exercícios de aplicação.
Aula 3 12/03 2 horas- aula Aula Presencial	Aula de Exercícios e Esclarecimento de Dúvidas.
Aula 4 17/03 2 horas- aula Aula Síncrona	Discussão com os(as) Estudantes Acerca da Suspensão das Aulas Presenciais em Virtude da Pandemia Ocasionalada pelo Novo Coronavírus.
Aula 5 01/09 2 horas- aula Aula Síncrona	Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina para o Período da Pandemia. Período de Ambientação com a Nova Modalidade de Ensino. Aula de Revisão.
Aula 6 03/09 2 horas- aula	Período de Ambientação com a Nova Modalidade de Ensino. Aula de Revisão.

<p>Aula Síncrona</p>	
<p>Aula 7 até Aula 11</p> <p>08/09 a 22/09</p> <p>10 horas-aula</p> <p>Aulas Síncronas, Assíncronas e Híbridas</p>	<p>Transferência de Calor por Condução:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a equação da taxa da condução; • propriedades térmicas da matéria; • a equação da difusão térmica; • a equação diferencial da transferência de calor; • condições inicial e de contorno; • aulas de exercícios.
<p>Aula 12 até Aula 16</p> <p>24/09 a 08/10</p> <p>10 horas-aula</p> <p>Aulas Síncronas, Assíncronas e Híbridas</p>	<p>Condução Unidimensional em Regime Estacionário:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a parede plana e sistemas radiais; • coeficiente global; • aulas de exercícios.
<p>13/10</p> <p>Aula 17</p> <p>2 horas-aula</p> <p>Aula Assíncrona</p>	<p>Avaliação I – Primeira Avaliação Escrita e Individual (P1)</p>
<p>Aula 18 até Aula 21</p> <p>15/10 a 27/10</p> <p>8 horas-aula</p> <p>Aulas Síncronas, Assíncronas e Híbridas</p>	<p>Transferência de Calor em Superfícies Estendidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • espessura crítica de isolamento; • aletas; • aulas de exercícios.
<p>Aula 22 até Aula 25</p> <p>29/10 a 10/11</p> <p>8 horas-aula</p>	<p>Transferência de Calor em Regime Transiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • capacitância global; • sólido semi-infinito; • soluções analíticas e cartas de Heisler; • aulas de exercícios.

Aulas Síncronas, Assíncronas e Híbridas	
Aula 26 até Aula 29 12/11 a 24/11 8 horas-aula Aulas Síncronas, Assíncronas e Híbridas	Transferência de Calor por Convecção: <ul style="list-style-type: none">• camada limite térmica;• espessura da camada limite;• método da similaridade;• análise integral;• aulas de exercícios.
Aula 30 26/11 2 horas-aula Aula Assíncrona	Avaliação II – Segunda Avaliação Escrita e Individual (P2)
Aula 31 até Aula 35 01/12 a 15/12 10 horas-aula Aulas Síncronas	Apresentação de Seminário Semestral: Transferência de Calor por Convecção Forçada e Natural: <ul style="list-style-type: none">• escoamento no interior de dutos;• região de entrada hidrodinâmica e térmica;• temperatura de mistura;• análise para temperatura prescrita e fluxo de calor prescrito;• escoamento externo;• aproximação de Boussinesq;• placa plana, cilindro e esfera. Transferência de Calor por Radiação <ul style="list-style-type: none">• conceitos fundamentais;• radiação de corpo negro;• corpo cinza;• fator de forma radiante.
Aula 36 17/12 2 horas-aula Aula Assíncrona	Prova de Recuperação (REC)



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, assíncronas e híbridas, 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) Web Conferência RNP;
- 2) Big Blue Button;
- 3) Jitsi Meet;
- 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) aulas de exercícios;
- 2) desenvolvimento de atividades referentes aos conteúdos da disciplina;
- 3) 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.

• AULAS HÍBRIDAS

Envolvem a ministração de aulas com conteúdo previamente gravado.

Para um melhor aproveitamento da disciplina, assuntos ministrados em outras disciplinas do curso, de semestres anteriores ou do atual, serão considerados conhecidos. Se você tem dificuldades com balanços de massa, de energia, de momento, com cálculo diferencial e integral, química, processos, etc., reserve algum tempo para revisar esses assuntos, pelo menos na medida de sua necessidade.



- **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.

Além disto, a disciplina conta com uma estagiária docente que os auxiliarão nas atividades acadêmicas:

Jéssica Oliveira de Brito Lira (jesslira23@gmail.com)

- **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) Uma Lista de Exercícios (LE), a qual deverá ser resolvida individualmente empregando o Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*. Esta terá um peso de 20% na composição da *Média Final*.
- 2) Durante o semestre serão realizadas duas avaliações envolvendo a resolução de exercícios empregando o questionário disponível no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* ou formulários do *Google Forms*. Estas atividades serão realizadas em dois momentos da disciplina (13/10 e 26/11). A estas atividades (P1 e P2) será atribuído o peso de 40%, sendo cada uma com peso de 20%.
- 3) Os(as) estudantes deverão desenvolver também um trabalho que envolverá os itens 7 e 8 do Conteúdo Programático da disciplina. Esta atividade deverá ser desenvolvida durante o semestre e ser apresentada na forma de um seminário (SEM). Este trabalho será realizado em equipe de até 4 (quatro) estudantes e deverá incluir o conteúdo com o tema selecionado. Esta atividade terá um peso de 40% na composição da *Média Final* 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.

Durante o semestre poderão ser realizadas atividades extras e que auxiliarão na composição da *Média Final* na disciplina. A cada atividade extra será atribuída pontuação entre 0,10 e 0,20, a qual será comunicada previamente aos(às) estudantes.

Assim, a composição da *Média Final* será realizada da seguinte forma:

$$\text{Média Final} = [0,2 \cdot \text{LE} + 0,2 \cdot \text{P1} + 0,2 \cdot \text{P2} + 0,4 \cdot \text{SEM} + \Sigma \text{pontuação obtida nas atividades extras}]$$



Será considerado(a) aprovado(a) o(a) estudante que obtiver *Média Final* maior ou igual a 6,00 (seis vírgula zero) e frequência mínima de 75% (setenta e cinco por cento) ao final do semestre.

A *Média Final* 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* 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*, 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* maior ou igual a 6,0.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

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**. 5th ed. New York: John Wiley, 2008. xxii, 803p.

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



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Química
e Engenharia de Alimentos



OBSERVAÇÕES

- | |
|---|
| <p>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.</p> |
|---|

Assinatura da Professora

Assinatura do Chefe do
Departamento