



PLANO DE ENSINO – 2023/02

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:				
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS	TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
EQA5416	Fenômenos de Transferência II	06215 e 06216	04	72

PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)	CONTATO
João Borges Laurindo	Jb.laurindo@ufsc.br
PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA 5415	Fenômenos de Transferência I

EQUIVALENTES

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
GERAL: Capacitar os alunos na análise qualitativa e quantitativa da transferência de calor, identificando a importância relativa dos diferentes mecanismos de transferência.
ESPECÍFICOS:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensinar os fundamentos da transferência de calor e sua relação com a Termodinâmica e a Lei da conservação da energia, discutindo os termos de fluxo, geração e acumulação de energia térmica no sistema;</li><li>• Definir os mecanismos de transferência de calor por condução, convecção e radiação, e as situações em que eles ocorrem;</li><li>• Apresentar e discutir as situações de transferência de calor por condução em regime permanente e em regime transiente;</li><li>• Apresentar o mecanismo de transferência de calor por convecção, com base na análise da camada limite;</li><li>• Apresentar as situações de transferência de calor com mudança de fase;</li><li>• Apresentar o mecanismo de transferência de calor por radiação térmica</li><li>• Apresentar o mecanismo aquecimento por geração de calor por micro-ondas</li><li>• Aplicar a transferência de calor em processos das indústrias química e de alimentos;</li></ul>

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensinar os fundamentos da transferência de calor e sua relação com a Termodinâmica e a Lei da conservação da energia, discutindo os termos de fluxo, geração e acumulação de energia térmica no sistema;</li><li>• Definir os mecanismos de transferência de calor por condução, convecção e radiação, e as situações em que eles ocorrem</li><li>• Apresentar e discutir as situações de transferência de calor por condução em regime permanente e em regime transiente;</li><li>• Apresentar o mecanismo de transferência de calor por convecção, com base na análise da camada limite;</li><li>• Apresentar as situações de transferência de calor com mudança de fase;</li><li>• Apresentar o mecanismo de transferência de calor por radiação térmica</li><li>• Apresentar o mecanismo aquecimento por geração de calor por micro-ondas</li><li>• Discussão de casos de interesse na conservação e industrialização de alimentos.</li></ul>

Aula	Conteúdo
8 e 10/08	Apresentar os fundamentos da transferência de calor e sua relação com a Termodinâmica e a Lei da conservação da energia, discutindo os termos de fluxo, geração e acumulação de energia térmica no sistema
15 e 17/08	Apresentar e discutir os mecanismos de transferência de calor por condução, convecção e radiação, e as situações em que eles ocorrem. Apresentar a equação de difusão de calor e as propriedades físicas da matéria. Exemplos práticos e exercícios. Apresentar e discutir a Equação da Conservação da Energia em VC diferencial. Apresentar a equação da difusão do calor em coordenadas cilíndricas e esféricas. Apresentar e discutir as condições de contorno assumidas em diversas situações. Situações comuns e simplificações. Exemplos práticos.
22 e 24/08	Apresentar e discutir as situações de transferência de calor por condução em estado estacionário. Apresentar as diferentes propriedades físicas dos materiais de engenharia e dos alimentos.
29 e 31/08	Apresentar e discutir as situações de transferência de calor por condução em estado estacionário. Conceito de resistências térmicas e circuito térmico equivalente. Coeficiente global de transferência de calor. Espessura crítica de isolamento de tubulações cilíndricas.
05 e 07/09	Condução em estado estacionário com geração interna: Aquecimento ôhmico de alimentos. Aquecimento eletromagnético com micro-ondas e com ondas na radiofrequência. Transferência de calor por condução em estado estacionário. Resolução de exercícios de referência. Transferência de calor em aletas e suas aplicações.
12 e 14/09	Condução de calor em regime transiente e sua importância no processamento de alimentos. Situações em que o Método da Capacidade Concentrada pode ser aplicado. Exercícios.
19 e 21/09 22h	Condução de calor em regime transiente com efeitos espaciais em placas planas, cilindros e esferas. Avaliação das importâncias relativas das resistências térmicas interna (condutiva) e externa (convectiva) através do número de Biot. Soluções matemáticas para a placa plana infinita e cilindro infinito. Solução para objetos finitos. Soluções gráficas. Aplicações. Condução transiente em sólidos semi-infinitos.
26 e 28/09	Exercícios de condução de calor em regime transiente usando soluções matemáticas e gráficas. O doutorando em Estágio de Docência ficará à disposição para tirar dúvidas.
03/10 2h	<b>Primeira prova</b>
05/10	<b>SAEEQA</b>
12/10	Apresentar e discutir o mecanismo de transferência de calor por convecção, com base na análise da camada limite. Lei de Newton do Resfriamento e coeficientes de transferência de calor local e médio. Números adimensionais importantes na transferência de calor: Números de Reynolds, Prandtl, Nusselt e Biot. Efeitos da turbulência e conceito de difusividade turbulenta.
19 e 26/10	Convecção no escoamento externo a objetos de diferentes geometrias. O método empírico para a determinação do coeficiente de transferência de calor médio (global) nos escoamentos laminar e turbulento.
02 e 09/11 2h	Transferência de calor por convecção no escoamento no interior de dutos. Desenvolvimento da camada limite hidrodinâmica para escoamento laminar em um duto circular. Desenvolvimento da camada limite térmica em um duto aquecido e definição de temperatura média ou temperatura de mistura. Condição térmica completamente desenvolvida e sua comparação com escoamento completamente desenvolvido.
30/11 e 07/12	Correlações para estimar o coeficiente de transferência de calor por convecção na região plenamente desenvolvida em tubos circulares. Balanço de energia em dutos com escoamento de fluidos com vazão mássica constante. Avaliação das condições de i) fluxo térmico constante na superfície do duto e ii) superfície do duto mantida à temperatura constante.
07 e 09/11	Transferência de calor por convecção com mudança de fase: Ebulição, condensação, fusão e solidificação. Importância prática da transferência de calor para um líquido em ebulição. Condições e tipos de ebulição. Parâmetros adimensionais na ebulição. Ebulição em Vaso. Excesso de temperatura e curva de ebulição em vaso. Coeficientes de transferência de calor na ebulição. Condensação: situações usuais e aplicações. Fusão e solidificação: Processos comuns na indústria de alimentos.
14 e 16/11	Princípios da transferência de calor por radiação. Definir fator de vista e entender sua importância nos cálculos de transferência de calor por radiação.
21 e 23/11	Princípios da transferência de calor por radiação. Desenvolver relações de fator de vista e como calculá-los. Calcular a transferência de calor por radiação entre corpos negros.
28 e 30/11	Uso da radiação na banda de frequência do infravermelho no processamento de alimentos. Resolução de exercícios.
05/12	<b>Segunda prova</b>
07/12	<b>Prova de recuperação</b>
12/07	<b>Entrega das notas</b>



#### METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

##### Atividades síncronas e assíncronas:

As aulas serão expositivas com a utilização de recursos audiovisuais como vídeos e apresentação com projetor multimídia. Aulas de exercícios de aplicação do conteúdo serão intercaladas com as aulas expositivas. Durante a exposição, sempre haverá pausas para discussão do conteúdo e da sua importância prática, apresentando exemplos. Aulas especiais para resolução de exercícios serão realizadas pelo monitor, caso se consiga uma bolsa para esse fim.

Todas as aulas acima serão presenciais, com apresentação e discussão dos assuntos listados.

Materiais didáticos serão disponibilizados no Moodle da disciplina (<https://moodle.ufsc.br>) ou através de arquivos transferidos para os alunos, em sala de aula.

O controle de frequência das atividades síncronas será realizado no início de cada aula

#### METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

- Serão realizadas duas provas (avaliações) para todos os alunos.
- A nota final será calculada do seguinte modo:  $0,5 * \text{Prova1} + 0,5 * \text{Prova2}$
- Os alunos que não atingirem a Nota 6,0 farão a prova de recuperação
- **Os alunos que faltarem na primeira ou segunda provas farão uma prova substitutiva no final, com todo o conteúdo da matéria, pois os conteúdos são integrados e interrelacionados. Não serão realizadas provas substitutivas para cada uma das provas realizadas. Para ter direito à prova substitutiva, é necessário cumprir as resoluções da UFSC.**

#### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. INCROPERA, Frank P; DEWITT, David P. Fundamentos de transferência de calor e de massa. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, 455 p
2. CENGEL, YUNUS A. / GHAJAR, AFSHIN J. Transferencia de Calor e Massa - Uma Abordagem Prática, 2012, 906 p.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. KREITH, Frank. Princípios de transferência de calor. São Paulo: Thomson Learning, 2003. 650p
2. Textos e outros materiais preparados pelo professor, além de textos de domínio público.

#### OBSERVAÇÕES

Esta disciplina é de fundamental importância para todo Engenheiro de Alimentos, pois os processos de transferência de calor estão presentes e são fundamentais na maioria das indústrias. O assunto exige dedicação do aluno, com atenção nas aulas, leitura do livro texto e resolução de exercícios. A reprovação tem sido de aproximadamente 30%, normalmente de alunos que não dedicam tempo suficiente de estudo dos conteúdos desde o início do curso.

Não se aprende Fenômenos de Transporte apenas com leitura! É preciso compreender o significado físico das equações e escreve-las durante o estudo e na resolução dos exercícios.

O alunos devem participar das aulas de modo ativo e compreender os significados das equações e em que situações elas são usadas. Isso os ajudará muito no processo de aprendizado, compreendendo a importância da Transferência de Calor no contexto do curso e em aplicações na engenharia.

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do Departamento