



PLANO DE ENSINO – 2023/2

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA: EQA 5332					
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
			TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EQA5332	Operações Unitárias de Transferências de Calor II	07215	04	-	72

PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)
Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz e German Ayala Valência

PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA5416	Fenômenos de Transferência II

EQUIVALENTES
ENQ1332 ou ENQ5332

CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EMENTA
Operações unitárias da indústria de alimentos envolvendo fenômenos de transferência de calor (trocadores de calor, evaporação, refrigeração).

VII. OBJETIVOS
<p>GERAL:</p> <p>A disciplina tem por objetivos mostrar e aplicar os fundamentos teóricos envolvendo Transferência de calor para conservação de alimentos através de processos de aquecimento e resfriamento.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none">• Estudar Propriedades físicas e térmicas dos alimentos.• Definir e classificar os fenômenos de transferência de calor envolvidos nos processos;• Definir trocadores de calor<ul style="list-style-type: none">- Estudar os de trocadores de calor e sua aplicação na indústria de Alimentos- Estudar os fenômenos no processo de troca térmica em trocadores e evaporadores- Estudar os processos de troca térmica durante o uso de resfriamento e congelamento de alimentos associado a sua conservação;- Equipamentos usados no processo de resfriamento (trocadores de calor), acessórios e câmaras de armazenamento, dimensionamento

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
<p>Introdução: Princípios da análise dimensional aplicados ao mecanismo de transferência de calor por convecção.</p> <p>Obtenção de grupos adimensionais relevantes do fenômeno e propriedades termofísicas dos alimentos.</p> <p>1 - Refrigeração:</p> <p>1.1- Sistemas de produção de frio: compressão de gases, compressão de vapores, por absorção. Criogenia.</p> <p>1.2- Sistema de compressão de vapor: Diagramas de ciclo, ciclo saturado simples e variantes do</p>



ciclo Real,

Compressores, Condensadores, Evaporadores, Controles de Ciclo.

5.3 1.3 - Conservação do frio: Isolantes, Espessura ótima de isolantes, Câmaras Frigoríficas, Cálculo de Carga Térmica.

1.4- Conservação dos Alimentos: Atmosfera Controlada, Métodos de Resfriamento e Congelamento /

1.5 - Descongelamento dos Alimentos.

1.6 - Modelos Matemáticos de Predição de Tempos de Congelamento de Alimentos.

2 – Trocadores de calor

2.1. Correlações para o coeficiente de transferência de calor por convecção em tubos. Coeficiente global de transmissão de calor. Determinação de média logarítmica da diferença de temperatura.

Temperatura calórica e temperatura de parede de tubo. Trocadores de calor de tubo duplo. Trocadores de calor de tubos e carcaça. Verdadeira diferença de temperatura, num trocador 1-2. Queda de pressão. Trocadores de calor com mudança de fase. Dimensionamento de trocadores de calor a placas. Trocadores de superfície raspada.

3 - Evaporadores. Tipos e aplicações. Fatores que influenciam na operação. Transferência de calor nos evaporadores. Capacidade e economia de evaporadores simples e múltiplos efeitos. Equipamentos auxiliares economizadores de vapor. Projeto térmico de evaporadores.

4 - Geradores de vapor. Combustíveis. Distribuição de vapor. Equipamentos auxiliares

Aula	Conteúdo
1 07/08 2h	PARTE 1 -Aula expositiva: Apresentação da disciplina. Estabelecimento de objetivos e diretrizes de como os conteúdos serão abordados, Plano de ensino PROJETO DA DISCIPLINA Aula introdutória: Processos de transferências envolvidos e propriedades termofísicas dos alimentos
2 09/08 2h	Aula: propriedades termofísicas dos alimentos x processos de refrigeração e congelamento Aplicação do frio: contextualização/histórico do uso do frio para preservação de alimentos Objetivos e atualizações
3 14/08 2h	Introdução aos conceitos básicos da aplicação do frio na indústria de alimentos Propriedades termodinâmicas e fenômenos de transferências envolvidos nos processos de refrigeração e congelamento de alimentos: adimensionais de Reynolds, Prandt, nusselts, Biot e outros
16/08	Propriedades termodinâmicas e fenômenos envolvidos nos processos de refrigeração e congelamento de alimentos Refrigerantes: atividade extra-classe: pesquisar os refrigerantes usados na indústria de refrigeração: evolução quanto as propriedades e meio ambiente
4 21/08 2h	Componentes do ciclo de refrigeração de um estágio: balanços de energia em cada componente, efeito refrigerante e Coeficiente de performance
5 23/08 2h	Exercícios em classe: ciclo de refrigeração de um estagio Entrega 1 do projeto: titulo e equipe
6 28/08 2h	Ciclos de refrigeração de múltiplos estágios: gás de flash, resfriamento intermediário, salas de resfriamento múltiplos – exercícios
7	Exercícios de ciclo de um e mais estágios



30/08 2h	Congelamento de Alimentos
8 04/09	Atividade extra classe: Visita ao Polo – EMC-UFSC -Prof German
9 06/09 2h	Processo e fenômenos envolvendo o processo de congelamento: água disponível, estrutura, formação de cristais, fração de água congelada e não congelada – aula gravada
10 11/09	Congelamento de alimentos: alimentos e congeladores de alimentos (equipamentos e funcionamentos) – aula gravada
11 13/09 2h	Visita a Amorato sorvetes artesanais- Entrega 2 do projeto: objetivos, introdução justificativa e fundamentos teóricos)
12 18/09 2h	Câmaras de resfriamento e conservação de alimentos Psicometria: teoria e aplicação em processos de resfriamento de alimentos Exercícios – aula gravada
20/09	Exercícios e revisão sobre resfriamento de alimentos -
13 25/09 2h	Avaliação 1: todo o conteúdo até 20/09
14 27/09 2h	PARTE 2: Trocadores de calor – Professor German Ayala Introdução: Tipos e classificação de trocadores de calor, Aplicação na I. A.
15 02/10 2h	Classificação dos trocadores de calor: tipo, material e escoamento Dimensionamento térmico de um trocador de calor: balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor tubular de passe simples
16 04/10 2h	Exercícios: balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor tubular de passe simples escoamento concorrente e contra-corrente Camada limite hidrodinâmica e térmica
17 09/10 2h	Trocadores de calor de passes múltiplos tubular Exercícios Entrega 3 do projeto da disciplina: balanços de energia nos processos de troca térmicas envolvidos e balanço de massa (se houver),
11/10	Dimensionamento térmico pelo método: Efetividade-NTU de trocadores de calor tubular Variáveis de projeto em trocadores de calor Perda de carga em trocadores de calor tubular, efeitos de chicana ou defletores, resistências a transferência de calor condutiva e convectiva, fouling (deposição em trocadores de calor)
18 16/10 2h	Exercícios Trocadores de calor tubular
19 18/10	Trocadores de a placas: fundamentos teóricos envolvendo: tipos de placas e aplicação, tipos de escoamento dos fluidos, número de passes e canais de escoamento
20	Diferenças entre trocadores de calor a placas e tubular: perfil de



23/10 2h	escoamento (Reynolds), troca térmica em trocadores de calor a placas, Variáveis de projeto em trocadores de calor a placa: resistências a transferência de calor
21 25/10 2h	Exercícios de trocadores de calor a placa Aulas de dúvidas: Trocadores de calor
22 30/10	Evaporadores: conceito, aplicação e tipos de evaporadores Projeto térmico de evaporadores: Evaporadores de simples e múltiplos efeitos
23 01/11	<i>Balancos de massa e energia em evaporadores de múltiplos efeitos</i> - Capacidade economia de energia: simples e múltiplos efeitos. Equipamentos auxiliares.
24 06/11 2h	<i>Exercícios Evaporadores de simples e múltiplos efeitos</i>
25 08/11 2h	dúvidas dos conteúdos desenvolvimento do tema –dimensionamento, cálculos envolvidos no projeto como balanços de massa e energia
26 13/11 2h	Produção de vapor – geradores de vapor Caldeiras
27 15/11	FERIADO
28 20/11 2h	Produção de vapor Caldeiras
29 22/11 2h	Aulas de dúvidas e exercícios
30 27/11 2h	Avaliação 2: Todo conteúdo abordado na parte 2 da disciplina
31 29/11 2h	Apresentação dos projetos
04/12	Apresentação dos projetos
06/12	Recuperação: todo conteúdo

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

As aulas são expositivas de forma presencial, com material disponível no moodle: slides, apostilas, listas de exercícios, uso de recursos audiovisuais como vídeos demonstrando a aplicação dos processos na indústria. Visitas técnicas (quando possível). Resolução de exercícios em sala e de forma assíncrona para fixação dos conteúdos. Os alunos deverão apresentar dúvidas e/ou argumentação demonstrando interesse e grau de aprendizado.
O Moodle será utilizado para disponibilizar além do material de aula as atividades e tarefas a serem realizadas pelos alunos.

X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada da seguinte forma:

- Duas avaliações individuais na forma síncrona durante as aulas: prova abordando o conteúdo de cada etapa. As avaliações individuais na forma de prova terão valor total na computação geral/total de 50% e o Projeto da disciplina 50% ao final do semestre.



Avaliação 1: Prova individual com teoria e problemas sobre o uso do frio na indústria de alimentos
Avaliação 2: Trocadores de calor, evaporadores e caldeiras
A tutoria será contínua para melhor aprendizado dos estudantes pelo professor
Compondo a nota final será avaliada a participação em aula durante resolução de exercícios, discussão dos assuntos. A apresentação do seminário/projeto em equipe, a avaliação será individual dos integrantes quanto: apresentação e participação nas discussões e domínio do conteúdo apresentado.
Faremos visitas: lab de refrigeração (POLO-Eng. Mecânica-UFSC) e Amorato Sorvete artesanais
PROJETO:
Projetar processo para conservação de Alimento usando as operações estudadas na disciplina

Recuperação: prova de todos os conteúdos ministrados durante o semestre
A nota final será o resultado da soma das atividades descritas acima
REQUISITOS PARA APROVAÇÃO:
A média final (NMF):
Se NMF $\geq 5,75$ - Aprovado sem REC.
Se NMF $< 5,75$ - REC (R)
Se NMF $< 3,00$ - Reprovado
1) REC (Prova de Recuperação)
Se $(NMF + R)/2 \geq 5,75$ - Aprovado
Se $(NMF + R)/2 < 5,75$ - Reprovado
Frequência mínima exigida: 75% com a presença nas aulas síncronas

XI. NOVA AVALIAÇÃO

Para o semestre 2022-2 as atividades que serão base para avaliação e composição da nota final serão realizadas durante as aulas presenciais e atividades assíncronas.

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Refrigeração Industrial. W.F. Stoecker & J.M. Saiz Jabardo. Ed. Edgard Blucher LTDA, 2ª ed. 2002
Refrigeração e ar condicionado: Wilbert S. Stoecker & Jerold W. Jones. McGraw-Hill, 1985.
Unit Operations in Food Processing R.L. Earle. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00556-X>
Fundamentos da Transferência de Calor e de Massa. Incropera & DeWitt, 5ª Edição.
A disciplina não tem uma bibliografia única, as aulas são montadas baseadas em diversos livros e artigos de operações unitárias para indústria de alimentos e fenômenos de transferência de calor. O material compilado será disponibilizado aos estudantes. A bibliografia complementar está baseada no item XIV.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. Unit Operations in Food Engineering. Gustavo V. Barbosa-Cánovas. CRC Press. ISBN 1-56676-929-9
2. Transport Process and Unit Operations, Prentice – Hall, Inc. Christie J. Geankopolis Opera
3. Operações Unitárias na Indústria de Alimentos - Carmen Cecilia Tadini, Vania Nicoletti Teles, Antonio Jose de Almeida Meirelles, Pedro de Alcantara pessoa Filho.
4. Food Properties Handbook, Second Edition - M. Shafiur Rahman
5. Refrigeração Industrial. W.F. Stoecker & J.M. Saiz Jabardo. Ed. Edgard Blucher LTDA, 2ª ed. 2002
Refrigeração e ar condicionado: Wilbert S. Stoecker & Jerold W. Jones. McGraw-Hill, 1985.

OBSERVAÇÕES

As datas dos tópicos podem sofrer alterações



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



Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do
Departamento

Assinatura do Professor