



## **PLANO DE ENSINO – 2025/1**

<b>IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA: EQA 5332</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>
			<b>TEÓRICAS</b>	<b>PRÁTICAS</b>	
EQA533 2	Operações Unitárias de Transferências de Calor II	07215	04	-	72

<b>PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)</b>
Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

<b>PRÉ-REQUISITO(S)</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DA DISCIPLINA</b>
EQA5416	Fenômenos de Transferência II

<b>EQUIVALENTES</b>
EQA 5332

<b>CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA</b>
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

<b>EMENTA</b>
Operações unitárias da indústria de alimentos envolvendo fenômenos de transferência de calor e fundamentos da termodinâmica (trocadores de calor, evaporação, refrigeração).

<b>VII. OBJETIVOS</b>
GERAL: 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. ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudar Propriedades físicas e térmicas dos alimentos.</li><li>• Definir e classificar os fenômenos de transferência de calor envolvidos nos processos;</li><li>• Definir trocadores de calor<ul style="list-style-type: none"><li>- Estudar os de trocadores de calor e sua aplicação na indústria de Alimentos</li><li>- Estudar os fenômenos no processo de troca térmica em trocadores e evaporadores</li><li>- Estudar os processos de troca térmica durante o uso de resfriamento e congelamento de alimentos associado a sua conservação;</li><li>- Equipamentos usados no processo de resfriamento (trocadores de calor), acessórios e câmaras de armazenamento, dimensionamento</li></ul></li></ul>

<b>VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>
------------------------------------



Introdução: Princípios da análise dimensional aplicados ao mecanismo de transferência de calor por convecção.

Obtenção de grupos adimensionais relevantes do fenômeno e propriedades termofísicas dos alimentos.

## Tópicos

### 1. Trocadores de calor

Introdução: conceito e aplicação na indústria de alimentos

1.1. 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. 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.

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

1.3 - **Geradores de vapor**. Combustíveis. Distribuição de vapor. Equipamentos auxiliares

### 2. Refrigeração

2.1- Introdução a refrigeração: abordagem teórica e prática envolvidas nos fundamentos do frio

2.2. Sistemas de produção de frio: compressão de gases, compressão de vapores, por absorção. Criogenia.

2.3- Sistema de compressão de vapor: Diagramas de ciclo, ciclo saturado simples e variantes do ciclo Real,

Compressores, Condensadores, Evaporadores, Controles de Ciclo.

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

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

2.6 - Descongelamento dos Alimentos.

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

Aula	Conteúdo
1 10/03 2h	Aula expositiva: Apresentação da disciplina. Estabelecimento de objetivos e diretrizes de como os conteúdos serão abordados – <b>PROJETO DA DISCIPLINA: apresentação e discussão em sala</b> (formação da equipe e distribuição do assunto) Aula introdutória: propriedades termofísicas dos alimentos
2 12/03 2h	Propriedades termofísicas de alimentos e processos de troca térmicas
3 17/03 2h	Tipos de trocadores de calor e aplicações na I. A <b>Dr. Raul</b>
4 19/03 2h	<b>Atividade extraclasse: Equipe de projetos, abordagem do tema distribuição pela professora: objetivo principal</b>
24/03 2h	Adimensionais envolvidos em processos de escoamento de fluidos trocadores de calor Dimensionamento térmico de um trocador de calor:



	balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor de passe simples tubular
5 26/03 2h	Adimensionais envolvidos em processos de escoamento de fluidos trocadores de calor Dimensionamento térmico de um trocador de calor: balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor de passe simples tubular <b>Exercícios Trocadores de calor de passes simples</b>
6 31/03 2h	balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor <b>de vários passes Dimensionamento térmico pelo método:</b> Efetividade-NTU de trocadores de calor tubular <b>Entrega 1 do projeto: Introdução sobre o assunto e objetivos específicos</b>
7 02/04	balanços de energia e potencial térmico de trocadores de calor <b>de vários passe Dimensionamento térmico pelo método:</b> Efetividade-NTU de trocadores de calor tubular
8 07/04	Exercícios de trocadores de calor tubular de um e mais passes
9 09/04	Exercícios de trocadores de calor tubular de um e mais passes
10 14/04	- Trocadores de calor tubular: variáveis de projeto em trocadores de calor a placas e tubulares Aletas e Trocadores de calor a placa
11 16/04 2h	<b>Trocadores de calor a placa</b> Exercícios de trocadores de calor a placa <b>Aulas de dúvidas: Trocadores de calor</b>
12 21/04	<b>DIA NÃO LETIVO - FERIADO</b>
13 23/04 2h	Evaporadores: conceito, aplicação e tipos de evaporadores Evaporadores de simples e múltiplos efeitos <i>Balanços de massa e energia em evaporadores de múltiplos efeitos</i> <i>Exercícios Evaporadores de simples e múltiplos efeitos</i>
14 28/04	<i>Balanços de massa e energia em evaporadores de múltiplos efeitos</i> <i>Exercícios Evaporadores de simples e múltiplos efeitos</i>
15 30/04 2h	<b>Exercícios de revisão e dúvidas</b>
16 05/05	<b>Avaliação 1- trocadores de calor: casco e tubo, placas e evaporadores</b>
17 07/05 2h	Geradores de vapor- atividade extra classe
<b>Parte 2 – aplicação do frio</b>	
18 12/05 2h	Aplicação do frio: contextualização/histórico Objetivos e Introdução aos conceitos básicos da aplicação do frio na indústria de alimentos Propriedades termodinâmicas e fenômenos envolvidos nos processos de refrigeração e congelamento de alimentos



19 14/05 2h	Propriedades termodinâmicas e fenômenos envolvidos nos processos de refrigeração e congelamento de alimentos Componentes do ciclo de refrigeração de um estágio: balanços de energia em cada componente, efeito refrigerante e Coeficiente de performance
20 19/05 2h	<b>Visita ao polo-laboratório de refrigeração - Eng Mecânica</b> <b>Entrega 2 do projeto: Metodologia a serem abordadas</b>
21 21/05 2h	<b>atividade extraclasse: Refrigerantes usados na indústria de refrigeração</b> <b>Visita a amoratto sorvete artesanais</b>
22 26/05	Componentes do ciclo de refrigeração de um estágio: balanços de energia em cada componente, efeito refrigerante e Coeficiente de performance <b>Entrega 2 do projeto: Metodologia a serem abordadas</b>
23 28/05 2h	Ciclos de refrigeração de múltiplos estágios: teoria e exercícios
24 02/06	EXERCÍCIOS SOBRE CICLO DE REFRIGERAÇÃO EM VÁRIOS ESTÁGIOS
25 04/06	Congelamento de alimentos: fundamentos sobre congelamento de alimentos e congeladores de alimentos (equipamentos e funcionamentos)
26 09/06 2h	Congelamento de alimentos: aplicação, modelo de tempo e temperatura de congelamento <b>Exercícios</b>
27 11/06 2h	<b>Projeto Entrega 4- ajustes finais dos cálculos envolvidos no projeto</b> Câmaras de resfriamento e conservação de alimentos Exercícios
28 16/06 2h	Câmaras de resfriamento e conservação de alimentos Exercícios
29 18/06 2h	Câmaras de resfriamento e conservação de alimentos, Psicometria: teoria e aplicação em processos de resfriamento de alimentos
30 23/06 2h	Psicometria: teoria e aplicação em processos de resfriamento de alimentos
31 25/06 2h	Psicometria: teoria e aplicação em processos de resfriamento de alimentos <b>Resolução geral de exercícios sobre frio e psicometria</b>
32 30/06 2h	<b>Resolução de exercícios sobre frio e psicometria</b>
33 02/07	<b>Projeto – dúvidas e ajustes finais</b>



2h	<b>Exercícios de revisão</b>
<b>34 07/04 2h</b>	<b>Avaliação 2: Parte 2 - aplicação do frio</b>
<b>35 09/07 2h</b>	<b>Projeto – apresentação material escrito e apresentação oral/arguição</b>
30 14/07 2h	Prova de recuperação
31 16/07	Divulgação dos resultados finais
21/12	fim do semestre

#### **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 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. cada uma das avaliações terá os seguintes pesos:

Avaliação 1: Prova individual 80% e 20% relativo às atividades e participação em classe continuada, ou seja, no decorrer das aulas serão aplicadas atividades avaliativas e também será proposto um projeto para desenvolvimento durante o semestre e apresentado ao final do mesmo.

Avaliação 2: prova individual (60%) do conteúdo abordado no período (após a avaliação 1), projeto (40%)

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, com 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 Amurato Sorvete artesanais

PROJETO:

Operações envolvidas no curso

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 2024-2 as atividades que serão base para avaliação e composição da nota final serão realizadas durante as aulas presenciais e atividades no decorrer do semestre.

#### **XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

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 Alcântara 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
6. Refrigeração e ar condicionado: Wilbert S. Stoecker & Jerold W. Jones. McGraw-Hill, 1985.

7. 2014 ASHRAE® HANDBOOK: REFRIGERATION, ISBN 978-1-936504-72-5

ISSN 1930-7217

8. Introduction to Food Engineering (Fifth Edition). R. Paul Singh, Dennis R. Heldman. ISBN: 978-0-12-370900-4. Elsevier Inc.

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 Processing R.L. Earle. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00556-X>  
Refrigeração: Enio C da Costa, 3ª edição, Editora Edgard Blucher LTDA
2. Princípios da refrigeração: teoria, prática exemplo. Roy J. Dossat, ISBN 0-471-03550-5, Hemus livraria e editora.

##### **On line**

1. Introduction to Food Process Engineering, 2a Edition, P.G. Smith, **E. ISSN 2214-7799, SPRINGER**

##### **Periódicos**

1. Journal of Food Engineering
2. Journal Food Processing and Food Preservation

#### **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