



## PLANO DE ENSINO – 2021/1

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:					
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 /sala de videoconferência (Google meet/conferenciarnp.br)

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
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>

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
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.  1 - Refrigeração: 1.1- Sistemas de produção de frio: compressão de gases, compressão de vapores, por absorção. Criogenia. 1.2- Sistema de compressão de vapor: Diagramas de ciclo, ciclo saturado simples e variantes do 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. Transmissão 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 14/06 2h	Aula expositiva remota: Apresentação da disciplina no modelo remoto. Estabelecimento de objetivos e diretrizes de como os conteúdos serão abordados – PROJETO DA DISCIPLINA Aula introdutória
2 16/06 2h	Fenômenos de transferência de calor envolvidos nos processos de resfriamento e aquecimento de alimentos Atividade
3 21/06 2h	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 Atividade avaliativa
4 23/06 2h	Processos de resfriamento Ciclo de Carnot x ciclo de refrigeração
5 28/06 2h	Refrigerantes: pesquisa extraclasse – aula assíncrona – Estágio docência Atividade avaliativa
6 30/06	4ª feira de cinzas – manha sem aula
7 05/07 2h	Componentes do ciclo de refrigeração: balanços de energia em cada componente, efeito refrigerante e Coeficiente de performance ENTREGA DA PROPOSTA DE PROJETO
8 07/07	Atividade avaliativa: Exercícios – aula assíncrona/síncrona
9 12/07	Ciclos de refrigeração de um único estágio Exercícios

2h	
10 14/07 2h	Ciclos de refrigeração de um único estágio Exercícios
11 19/07 2h	Variantes do Ciclos de refrigeração: vários estágios
12 21/07 2h	Ciclos de refrigeração de vários estágios: exercícios
13 15/03 2h	Ciclos de refrigeração de vários estágios: exercícios/atividades em classe avaliativa
14 26/07 2h	Congelamento de alimentos: fundamentos e congeladores de alimentos
15 28/07 2h	Congelamento de alimentos: aplicação, modelo de tempo de congelamento Exercícios
16 02/08	Psicometria: teoria e aplicação em processos de resfriamento de alimentos Exercícios
17 04/08 2h	Atividades avaliativa em classe síncrona: teoria e problemas para solução matemática. Conteúdo abordado até o presente (avaliação: prova individual)
18 09/11 2h	Câmaras de resfriamento e conservação de alimentos: projeto DE CAMARAS e Atividades: discussão do projeto <b>Entrega 2 projeto: Introdução, justificativa, objetivos</b>
19 11/08	<b>PARTE 2: Trocadores de calor</b> Tipos e classificação de trocadores de calor Aplicação na I. A. Processos de pasteurização e esterilização de alimentos: exemplos e aplicações
20 16/08	Modelos matemáticos aplicados em trocadores de calor de passe simples e múltiplos passes. <b>Exercícios</b>
21 18/08 2h	Efetividade-NTU de trocadores de calor tubular Teoria e aplicação
22 23/08 2h	<b>Exercícios de trocadores de calor tubular de um e mais passes</b>
23 25/08 2h	Trocadores de calor a placa Exercícios de trocadores de calor
24 30/08	Exercícios de trocadores de calor
25 01/09 2h	Evaporadores: conceito, aplicação e tipos de evaporadores Evaporadores de simples e múltiplos efeitos , Balanços de massa e energia em evaporadores de simples e múltiplos efeitos
26 06/09 2h	Evaporadores de simples e múltiplos efeitos



28 08/09	<b>Entrega 3 Projeto: procedimentos de cálculos e equipamentos envolvido</b> <b>Atividade avaliativa: assíncrona</b>
28 13/09	Caldeiras Projeto: duvidas e discussão
29 15/09 2h	Avaliação 2: Atividade sincrna individual sobre trocadores de calor e evaporadores
20 20/09 2h	Projetos apresentação/arguição
22 22/09 2h	Projetos apresentação/arguição
31 27/09	Recuperação: prova dos conteudos minitrados

#### **IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA**

As aulas são expositivas de forma síncronas e assíncronas, link de vídeos aulas serão disponibilizados via drive. Via moodle serão disponibilizadas apostilas, listas de exercícios, uso de recursos audiovisuais como vídeos demonstrando aplicação dos processos na indústria. Resolução de exercícios de forma síncrona e assíncrona; atividades externas para fixação dos conteúdos. Os alunos deverão apresentar dúvidas e/ou argumentação demonstrando interesse e grau de aprendizado.

O Moodle será utilizado para disponibilizar todo o material a ser utilizados nas aulas síncronas e assíncronas, e também as atividades e tarefas a serem realizadas pelos alunos. Os encontros síncronos serão através do Google meeting ou a webconferencia rnp

#### **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 60% e 40% as atividades síncronas e assíncronas. 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. Além das atividades extra-classe.

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

A tutoria será continua 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 .

PROJETO:

RESFRIAMENTO e CONGELAMENTO DE ALIMENTOS/trocadores de calor

Recuperação: prova síncrona 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 2020-2 as atividades que serão base para avaliação e composição da nota final serão realizadas durante as aulas síncronas e assíncronas. Se ocorrer problema de conexão durante as atividades que prejudique algum estudante, o mesmo terá a oportunidade de para uma nova atividade para recuperá-la.

#### **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>

A disciplina não há 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 informada 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

**Aulas Assíncronas: destaque na cor amarelo**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor

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