



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
PLANO DE ENSINO*

* plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Portaria MEC 344, de 16 de junho de 2020 e à Resolução 140/2020/CUn, de 24 de julho de 2020.

SEMESTRE 2021.1

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EES7382**	REFRIGERAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE AR	02	00	36

** plano a ser considerado equivalente, em caráter excepcional e transitório na vigência da pandemia COVID-19, à disciplina EES7382.

HORÁRIO

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
08653 - 2.1420(2)	-	Ensino Remoto Emergencial

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Rogério Gomes de Oliveira (rogerio.oliveira@ufsc.br)

III. PRÉ-REQUISITO(S)

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EES7355	Transferência de Calor e Massa II
EES7366	Termodinâmica II

IV. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA

Bacharelado em Engenharia de Energia

V. JUSTIFICATIVA

O conteúdo lecionado nessa disciplina é importante para o aluno conhecer as alternativas de ciclos e sistemas para refrigeração e climatização, e então, possa escolher aquele que mais se adequa a uma determinada aplicação.

VI. EMENTA

Ciclos básicos e avançados por compressão mecânica e térmica. Cálculo de carga térmica em refrigeração e climatização. Psicrometria, resfriamento evaporativo e sistemas dessecantes. Refrigeração e climatização por energia solar e rejeito térmico. Bombas de calor.

VII. OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Aprofundar o estudo dos ciclos de refrigeração e de condicionamento de ar iniciados na disciplina de Termodinâmica II.

Objetivos Específicos:

- Apresentar ciclos básicos e avançados de refrigeração por compressão mecânica e térmica.
- Demonstrar como calcular a eficiência, a potência térmica e de acionamento dos sistemas de refrigeração e climatização.
- Apresentar sistemas de condicionamento de ar que modificam a umidade do ar.
- Demonstrar como calcular a carga térmica de um ambiente.
- Apresentar algumas das alternativas para refrigeração e climatização que utilizem calor como principal fonte de energia..

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Ciclos básicos e avançados por compressão mecânica.
- Ciclos básicos e avançados por compressão térmica (absorção e adsorção).
- Psicrometria, resfriamento evaporativo e sistemas dessecantes.
- Bombas de calor por compressão mecânica e por compressão térmica.
- Refrigeração e climatização por energia solar e rejeito térmico.
- Determinação de carga térmica em refrigeração e climatização.

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A metodologia deve ser redefinida, especificando os recursos de tecnologias da informação e comunicação que serão utilizados para alcançar cada objetivo (preferencialmente na forma de uma matriz instrucional) (Art. 15 § 4º da Res. 140/2020/CUn de 24 de julho de 2020).

Todo material utilizado, como apresentações, *slides*, vídeos, referências, entre outros, deverá ser disponibilizado pelos professores posteriormente, garantindo o acesso do estudante a material adequado (Art. 15 § 3º da Res. 140/2020/CUn de 24 de julho de 2020).

Serão aplicadas diferentes metodologias de ensino remoto em ambiente virtual de aprendizagem, que incluirão:

- 1) a disponibilização de material de estudo em ambiente Moodle e indicação de *links* com material de estudo;
- 2) o diálogo através de fóruns no ambiente Moodle para que os alunos possam expressar suas dúvidas e tanto o docente quanto os demais alunos possam interagir para elucidar essas dúvidas;
- 3) aulas síncronas para elucidar dúvidas ou apresentar novos conteúdos;

X. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- A verificação do rendimento escolar compreenderá frequência e aproveitamento nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes a cada disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não realizar, no mínimo a 75% das horas-aulas (ha) de atividades descritas no cronograma.
- A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).
- O aluno com frequência suficiente (FS) e média das notas de avaliações do semestre entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação no final do semestre (REC), exceto as atividades constantes no art.70, § 2º. A nota será calculada por meio da média aritmética entre a média das notas das avaliações parciais (MF) e a nota obtida na nova avaliação (REC). (Art. 70 e 71 da Res. nº 17/CUn/1997).

$$NF = \frac{MF + REC}{2}$$

- Ao aluno que não comparecer às avaliações ou não apresentar trabalhos no prazo estabelecido será atribuída nota 0 (zero). (Art. 70, § 4º da Res. nº 17/CUn/1997).

- **Avaliações**

A nota final (MF) será obtida a partir da média aritmética simples de duas avaliações assíncronas. O exame de recuperação (REC) e eventuais avaliações substitutas serão síncronas.

- **Registro de frequência**

A frequência será aferida semanalmente através da visualização integral, por tempo mínimo e no prazo a ser indicado no Moodle, das atividades assíncronas que compõem as atividades da disciplina. No caso de atividade síncrona, o aluno obtém frequência quando participar da atividade ou se ouvir integralmente o podcast dessa atividade, dentro do prazo indicado no Moodle.

- **Pedido de Nova Avaliação - Art. 74 da Res. nº 17/CUn/97**

O aluno, que por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino, deverá fazer o pedido à Chefia do Departamento de Energia e Sustentabilidade (EES), dentro do prazo de 3 (três) dias úteis, apresentando documentação comprobatória. O pedido de Nova Avaliação deve ser formalizado na Secretaria Integrada de Departamentos (SID).

XI. CRONOGRAMA PREVISTO (Poderá haver alteração na proporção entre aulas síncronas e assíncronas, para melhor atender os objetivos da disciplina, e as alterações serão informadas com o máximo de antecedência possível, através do fórum em ambiente Moodle).

AULA (semana)	DATA	ASSUNTO	CARGA SÍNCRONA (ha)	CARGA ASSÍNCRONA (ha)
1 ^a	14/06/2021 a 19/06/2021	Aula 01: Apresentação da disciplina. Aula 02 e aula 03. Introdução à refrigeração e condicionamento de ar.	2	1
2 ^a	21/06/2021 a 26/06/2021	Aula 04: 2.1. Refrigeração e condicionamento de ar por compressão mecânica de vapor: ciclos. Aula 05: Resolução de exercícios sobre ciclos de refrigeração por compressão mecânica.	0	2
3 ^a	28/06/2021 a 03/07/2021	Aula 06: 2.2 Principais componentes dos sistemas de refrigeração e ar condicionado. Aula 7(a): Vídeo apresentando os componentes de uma geladeira. Aula 7(b): Vídeo apresentando os componentes de um sistema de refrigeração comercial. Aula 8(a): Vídeo apresentando as características do superaquecimento e do subresfriamento.	0	2,5
4 ^a	05/07/2021 a 10/07/2021	Aula 8(b) e aula 9: 2.3 Exemplo da relação entre os equipamentos e o funcionamento do sistema de refrigeração operando com ciclos por compressão mecânica. Aula 10: Resolução de exercícios sobre a relação entre os equipamentos e o funcionamento do sistema de refrigeração operando com ciclos por compressão mecânica.	1	1,5
5 ^a	12/07/2021 a 17/07/2021	Aula 11: 2.4 Alterações na umidade do ar. Aula 12(a): Vídeo com exemplo de utilização de carta psicrométrica e cálculo das condições do ar para climatização. Aula 12(b) e aula 13(a): Resolução de exercícios sobre a alteração da umidade do ar.	0	2,5
6 ^a	19/07/2021 a 24/07/2021	Aula 13(b) e aula 14: Revisão para a 1ª Avaliação.	1,5	0
7 ^a	26/07/2021 a 31/07/2021	Aula 15 e aula 16: 1ª Avaliação	0	2
8 ^a	02/08/2021 a 07/08/2021	Aula 17: 3.1 Introdução aos sistemas de refrigeração e climatização por sorção. Aula 18: 3.2 Sistemas por absorção com LiBr e H ₂ O. Aula 19: Vídeo com explicação detalhada sobre sistemas de absorção com LiBr e H ₂ O.	0	3
9 ^a	09/08/2021 a 14/08/2021	Aula 20: Resolução de exercícios sobre sistemas de refrigeração por absorção com LiBr e H ₂ O. Aula 21 e aula 22(a): 3.3 Sistemas por absorção com H ₂ O e NH ₃ . Aula 22(b) e aula 23(a): Resolução de exercícios sobre sistemas de refrigeração por absorção com H ₂ O e NH ₃ .	1	2,5
10 ^a	16/08/2021 a 21/08/2021	Aula 23(b) e aula 24(a): 3.4 Sistemas por adsorção física. Aula 24(b): Vídeo com explicação sobre sistema de	0	2,5

		refrigeração por adsorção e apresentação de um protótipo de laboratório. Aula 25: Resolução de exercícios sobre sistemas de refrigeração por adsorção física.		
11 ^a	23/08/2021 a 28/08/2021	Aula 26: 3.5 Sistemas por adsorção química. Aula 27(a): Vídeo com exemplo de uso de sistema de refrigeração por adsorção para aproveitar rejeito térmico de células a combustível. Aula 27(b) e aula 28(a): Resolução de exercícios sobre sistemas de refrigeração por adsorção química.	0	2,5
12 ^a	30/08/2021 a 04/09/2021	Aula 28(b) e aula 29: 4.1 Introdução ao estudo das cargas térmicas e determinação de carga térmica interna. Aula 30: Resolução de exercícios sobre carga térmica interna.	1	1,5
13 ^a	06/09/2021 a 11/09/2021	Aula 31 e aula 32(a): 4.2 Determinação de carga térmica externa. Aula 32(b) e aula 33(a): Resolução de exercícios sobre carga térmica externa.	1	1,5
14 ^a	13/09/2021 a 18/09/2021	Aula 33(b) e aula 34: Revisão para a 2ª Avaliação.	1,5	0
15 ^a	20/09/2021 a 25/09/2021	Aula 35 e aula 36: 2ª Avaliação.	0	2
16 ^a	27/09/2021 a 02/10/2021	Exame de recuperação (Rec).		

XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2021.1

DATA	
04,05 e 06/09/2021	Datas reservadas ao Vestibular 2021.2
07/09/2021	Independência do Brasil

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA***

- MOREIRA, J.R.S. **Aplicações da Termodinâmica - notas de aula de PME3240 –Termodinâmica I(PARTE II)**. São Paulo:USP, 2017. Disponível em <http://www.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2017/06/APOSTILA-TERMO-PARTE-2.pdf>, último acesso em 04/08/2020.
- STROBEL, C. **Máquinas Térmicas I - Ciclos térmicos a vapor**. Curitiba:UFPR, 2012. Disponível em http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM364/Material%20de%20Aula/Aula%2001%20-%20Ciclos%20T%E9rnicos%20a%20Vapor%20-%20M%E1quinas%20T%E9rnicas%20I.pdf, último acesso em 04/08/2020.
- Módulo VII –Mistura de Gases Ideais. Relações p-v-T. Entalpia, Energia Interna, Entropia e Calores Específicos. Sistemas com Misturas**. Disponível em https://adm.online.unip.br/img_ead_dp/33399.PDF, último acesso em 04/08/2020.
- MARTINELLI Jr, L.C. **Refrigeração e Ar-Condicionado. Parte IV - Psicrometria**. Disponível em http://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/7/72/RAC_IV.pdf, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Apêndice A - Fundamentos da termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Apêndice B - Fundamentos da termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Apêndice E - Fundamentos da termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- OLIVEIRA, R.G. Solar Powered Sorption Refrigeration and Air Conditioning. In: LARSEN, M. E. (Org.) **Refrigeration: Theory, Technology and Applications**. Hauppauge: Nova Publisher, 2011. 577 p. Disponível em http://www.novapublishers.org/catalog/product_info.php?products_id=22023, último acesso em 04/08/2020.
- OLIVEIRA, R.G. Chemisorption heat pumps for water heating and steam production. In: BARBIN, D. F.; SILVEIRA Jr, V. (Org.). **Novel concepts for energy-efficient water heating systems: theoretical analysis and experimental investigation**. 1st ed., Hauppauge: Nova Science Publishers, 2013. Disponível em http://www.novapublishers.org/catalog/product_info.php?products_id=41466, último acesso em 04/08/2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16655-3-Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado – Split e compacto. Parte 3: Método de cálculo da carga térmica residencial**. Rio de Janeiro, p. 22. 2018. Disponível em <http://www.bu.ufsc.br/basesAutenticacao.htm#abnt>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1 –Instalações de condicionamento de ar –Sistemas Centrais e Unitários. Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro, p. 60. 2008. Disponível em <http://www.bu.ufsc.br/basesAutenticacao.htm#abnt>

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. KROOS, K.A.; POTTER, M.C. **Termodinâmica para engenheiros**. São Paulo:Cengage Learning, 2015. Disponível em <http://portal.bu.ufsc.br/bases-de-dados-em-teste-3/> e <https://cengagebrasil.vstbridge.com/>
2. WIRZ, D. **Refrigeração comercial para técnicos em ar condicionado**. São Paulo:Cengage Learning, 2011. Disponível em <http://portal.bu.ufsc.br/bases-de-dados-em-teste-3/> e <https://cengagebrasil.vstbridge.com/> .
3. ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre:AMGH, 2013. 1018 p.
4. HEROLD, K. E.; RADERMACHER, R.; KLEIN, S. A. **Absorption chillers and heat pumps**. 2nd ed., Boca Raton: CRC Press, 2016.
5. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning. **ASHRAE Handbook— Refrigeration (SI)**. ASHRAE. 2014.
6. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning. **ASHRAE Handbook— HVAC Applications (SI)**. ASHRAE. 2015.
7. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning. **ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment (SI)**. ASHRAE. 2016.
8. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning. **ASHRAE Handbook— Fundamentals (SI)**. ASHRAE. 2017.
9. McQUISTON, F.C.; PARKER, J.D.; SPITLER, J.D. **Heating, Ventilation, and Air Conditioning: Analysis and Design**. 6. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. 623p.
10. TARDIOLI, P. W. **Termodinâmica para Engenharia: Um curso Introdotório**. São Carlos, UAB-UFSCar, 2013. Disponível em http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2703/1/EA_Tardioli_Termodinamica.pdf, último acesso em 04/08/2020.
11. SCHÜRHAUS, P. **Termodinâmica**. União da Vitória, Centro Universitário de União da Vitória, 2007. Disponível em <http://engmadeira.yolasite.com/resources/Termodin%C3%A2mica.pdf>, último acesso em 04/08/2020.
12. MURR, F.E.X. **Estudos da refrigeração solar e simulação de um sistema de absorção resfriado a ar, com aquecimento solar direta da solução amônia-agua**. 1981. 133f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Campinas, SP. Disponível em http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/255920/1/Murr_FernandaElizabethXidieh_M.pdf, último acesso em 04/08/2020..
13. FIGUEIREDO, J.R. **Projeto e modelamento teorico de um sistema de refrigeração por absorção movido a energia solar**. 1980. 150 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Campinas, Campinas, SP. Disponível em http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/265463/1/Figueiredo_JoseRicardo_M.pdf, último acesso em 04/08/2020..
14. OLIVEIRA, R.G. **Avaliação de um sistema de refrigeração por adsorção para produção de gelo, operando diferentes tipos de ciclo com baixas temperaturas de geração**. 2004. 153p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Disponível em http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/334244/1/Oliveira_RogérioGomesDe_D.pdf, último acesso em 04/08/2020..
15. MAGAZONI, F. C. **Análise Dinâmica de um Chiller de Absorção de Brometo de Lítio-Água em um Processo de Resfriamento de Dorna de Fermentação Alcoólica**. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC. Disponível em <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEMC1317-D.pdf>, último acesso em 04/08/2020..

*** A bibliografia principal das disciplinas deverá ser pensada a partir do acervo digital disponível na Biblioteca Universitária, como forma de garantir o acesso aos estudantes, ou, em caso de indisponibilidade naqueles meios, deverão os professores disponibilizar versões digitais dos materiais exigidos no momento de apresentação dos projetos de atividades aos departamentos e colegiados de curso. (Art. 15 § 2º da Res. 140/2020/CUn de 24 de julho de 2020)

Professor:

Aprovado pelo Colegiado do Curso em ___/___/___

Presidente do Colegiado: