



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	
EES7366**	TERMODINÂMICA II	02	00	36

** plano a ser considerado equivalente, em caráter excepcional e transitório na vigência da pandemia COVID-19, à disciplina EES7366.

HORÁRIO

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
05653 - 2.0820(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
FQM7113	Química geral
EES7350	Termodinâmica I

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

Bacharelado em Engenharia de Energia

V. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento das máquinas térmicas, dos refrigeradores e climatizadores, baseado no estudo da termodinâmica, causou importantes avanços tecnológicos, impulsionou a revolução industrial, permitiu um melhor armazenamento e distribuição dos alimentos, e proporcionou maior conforto térmico em edificações e veículos. O engenheiro de energia deve compreender as características tanto dos ciclos utilizados para geração de potência de trabalho quanto daqueles que consomem potência de trabalho para fins de refrigeração e climatização e desta forma, saber quais os fatores que impactam a eficiência energética dos sistemas operando com esses ciclos. No caso da análise dos sistemas para climatização, é importante o engenheiro de energia conhecer como utilizar as propriedades das misturas de gases, especialmente, da mistura do ar seco com vapor de água, pois grande parte da energia consumida nos processos de climatização está relacionada a retirada da umidade do ar. E além de conhecer as características desses ciclos termodinâmicos, o engenheiro de energia deve conhecer a termodinâmica das reações químicas para compreender os fatores que influenciam a combustão e saber como calcular o máximo trabalho reversível que é obtido numa célula de combustível.

VI. EMENTA

Ciclos de potência e refrigeração. Cogeração. Misturas de gases. Termodinâmica das reações químicas.

VII. OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Fornecer os subsídios necessários para o aluno entender e analisar o funcionamento de ciclos para produção de potência de eixo e para bombeamento de calor, as misturas de gases nos processos termodinâmicos e as reações químicas de interesse na conversão de energia.

Objetivos Específicos:

- Apresentar diferentes ciclos de produção de potência de eixo e de bombeamento de calor.
- Demonstrar como calcular as propriedades termodinâmicas das misturas de gases e como utilizá-las em processos termodinâmicos.
- Apresentar o processo de combustão sobre o ponto de vista da termodinâmica clássica.
- Demonstrar como aplicar a primeira e segunda lei da termodinâmica em sistemas reagentes.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Ciclos de potência e ciclos de bombeamento de calor.
- Cogeração.
- Misturas de gases e aplicações.
- Termodinâmica de reações químicas e aplicações.

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 professor 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 nota média ponderada de três avaliações, P1, P2 e P3, sendo os fatores de ponderação, respectivamente iguais a 0,45, 0,1, 0,45.

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 1: Atividade síncrona sobre ciclos de refrigeração e apresentação da disciplina. Aula 2: # Tópico 1 - Ciclos de refrigeração. Aula 02(a): 01.01 - O ciclo de Carnot Reverso e o Ciclo Rankine Reverso Ideal . Aula 02(b): Videoaula sobre ciclo Rankine reverso ideal.	1	1
2 ^a	21/06/2021 a 26/06/2021	Aula 03(a): 01.02 - O Ciclo Rankine Reverso Real. Aula 03(b): 01.03 - Alguns Ciclos de Refrigeração Avançados. Aula 04 - Resolução de exercícios sobre ciclo Rankine reverso.	0	2
3 ^a	28/06/2021 a 03/07/2021	# Tópico 2 - Ciclos de potência Aula 05(a): 2.1 Introdução aos ciclos de potência. Aula 05(b): 2.2 O Ciclo de Carnot com mudança de fase e o Ciclo Rankine Ideal. Aula 06(a): Videoaula sobre ciclo Rankine Ideal. Aula 06(b): 2.3 Efeito das Condições de Operação no Ciclo Rankine, Modificações no Ciclo Rankine e Desvios da Idealidade. Aula 07: Videoaula com exercício sobre ciclo Rankine.	0	3
4 ^a	05/07/2021 a 10/07/2021	Aula 08(a): Videoaula sobre ciclo Rankine com reaquecimento. Aula 08(b): Videoaula com resolução de exercício sobre ciclo Rankine com reaquecimento. Aula 09(a): Videoaula sobre ciclo Rankine regenerativo. Aula 09(b): Videoaula com resolução de exercício sobre ciclo Rankine regenerativo. Aula 10: Resolução de exercícios sobre ciclos de potência Rankine.	0	3
5 ^a	12/07/2021 a 17/07/2021	Aula 11(a): 2.4 Ciclos de potência a gás (ar) do tipo Brayton e Ericsson. Aula 11(b): Videoaula sobre ciclo Brayton Ideal. Aula 12(a): Videoaula com exercício sobre ciclo Brayton. Aula 12 (b): Videoaula sobre ciclo Brayton regenerativo. Aula 13 (a): Videoaula com exercício sobre ciclo Brayton regenerativo. Aula 13(b) e aula 14(a): Atividade síncrona sobre ciclos de refrigeração e potência.	1	2,5
6 ^a	19/07/2021 a 24/07/2021	Aula 14(b) e aula 15(a): Resolução de exercícios sobre ciclo Brayton. Aula 15(b): 2.5 Ciclos em motores recíprocativos (alternativos): Ciclo Otto e Ciclo Diesel. Aula 16(a): Videoaula sobre ciclo Otto Ideal. Aula 16(b): Videoaula sobre ciclo Diesel Ideal.	0	2,5
7 ^a	26/07/2021 a 31/07/2021	Aula 17: Resolução de exercícios sobre ciclos Otto e Diesel. Aula 18(a): 2.6 Outros ciclos a gás (combustão interna e externa). Aula 18(b) e aula 19(a): Resolução de exercícios sobre outros ciclos de potência a gás. Aula 19(b) e 20(a): Atividade	1	2,5

		síncrona sobre ciclo Otto, diesel e outros a gás e cogeração.		
8 ^a	02/08/2021 a 07/08/2021	Aula 20(b) e 21 e 22(a): 1 ^a Avaliação (P1).	0	2
9 ^a	09/08/2021 a 14/08/2021	Aula 22(b): 2.7 Cogeração. Aula 23(a): Resolução de exercício sobre cogeração. 23(b) Avaliação sobre Cogeração (P2).	0	1,5
10 ^a	16/08/2021 a 21/08/2021	Aula 24: Atividade síncrona sobre dúvidas relativas a P1 e P2 e mistura de gases. Tópico 3 - Mistura de gases e psicrometria. Aula 25(a): 3.1 Mistura de gases ideais. Aula 25(b): 3.2 As propriedades do ar úmido. Aula 26(a): Videoaula sobre utilização da carta psicrométrica.	1	1,5
11 ^a	23/08/2021 a 28/08/2021	Aula 26(b) e aula 27(a): Resolução de exercícios sobre mistura de gases e psicrometria. Aula 27(b): 3.3 Processos com ar úmido para condicionamento de ar. Aula 28: Resolução de exercícios sobre psicrometria e processos com ar úmido.	0	2,5
12 ^a	30/08/2021 a 04/09/2021	# Tópico 4 - Termodinâmica das reações químicas. Aula 29(a): 4.1 Combustíveis e o processo de combustão. Aula 29(b): 4.2 Entalpia de formação e entropia absoluta. Aula 30: Resolução de exercícios sobre combustão, entalpia de formação e e entropia absoluta.	0	2
13 ^a	06/09/2021 a 11/09/2021	Aula 31(a): 4.3 Entalpia e energia interna de combustão, calor de reação, temperatura adiabática de chama. Aula 31(b) e aula 32(a): Resolução de exercícios sobre entalpia e energia interna de combustão, calor de reação, temperatura adiabática de chama. Aula 32(b): 4.4 Aplicação da 2 ^a Lei em sistemas reagentes (trabalho reversível) e células de combustível .	0	2
14 ^a	13/09/2021 a 18/09/2021	Aula 33: Atividade síncrona sobre termodinâmica das reações químicas. Aula 34: Resolução de exercícios sobre trabalho reversível e células de combustível.	1	1
15 ^a	20/09/2021 a 25/09/2021	Aula 35 e aula 36: 3 ^a avaliação (P3).	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%E9rmicos%20a%20Vapor%20-%20M%E1quinas%20T%E9rmicas%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.
- BORGNACKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Reações Químicas (Cap. 15) - Fundamentos da termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNACKE, 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.

7. 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.
8. 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.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Fundamentos da termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
2. ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre:AMGH, 2013. 1018 p.
3. LUZ, M.L.G. S. **Motores a combustão interna**. Pelotas:UFPEL, 2011. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>, último acesso em 04/08/2020.
4. 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.
5. 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.

*** 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: