

## Plano de Ensino

<b>Curso:</b> EIM-BAC - Bacharelado em Engenharia de Produção - Habilitação: Mecânica		
<b>Departamento:</b> CEPLAN-DTI - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL CEPLAN		
<b>Disciplina:</b> TERMODINÂMICA APLICADA		
<b>Código:</b> 5TMD004	<b>Carga horária:</b> 72	<b>Período letivo:</b> 2025/1
<b>Professor:</b> SANDRO KEINE		<b>Contato:</b> sandro.keine@udesc.br

### *Ementa*

Propriedades Termodinâmicas. Propriedades de uma Substância Pura. Trabalho e Calor. Primeira Lei da Termodinâmica. Primeira Lei da Termodinâmica aplicada a Volumes de controle. Segunda Lei da Termodinâmica. Entropia. Segunda Lei da Termodinâmica aplicada a volumes de controle. Irreversibilidade e Disponibilidade. Sistemas de Potência e Refrigeração - com mudança de fase. Sistemas de Refrigeração e Potência - Fluidos de Trabalho Gasosos. Mistura de Gases.

### *Objetivo geral*

Possibilitar ao discente o conhecimento necessário ao entendimento dos fundamentos da Termodinâmica e explorar aplicações da Termodinâmica na Engenharia.

### *Objetivo específico*

- Familiarizar o aluno com os fundamentos da Termodinâmica, tais como propriedades termodinâmicas, substâncias puras, trabalho, calor, primeira e segunda leis da Termodinâmica, entropia, irreversibilidade e ciclo motores;
- Consolidar os fundamentos estudados previamente em Física, relacionados com os fundamentos da Termodinâmica;
- Desenvolver a criticidade sobre as principais variáveis que influenciam os fundamentos da Termodinâmica e a Termodinâmica Aplicada;
- Dar subsídios para o aluno explorar possíveis aplicações da Termodinâmica na Engenharia.

### *Conteúdo programático*

1. Conceitos Introdutórios  
1.1. Apresentação do plano de ensino da disciplina

1. Conceitos Introdutórios  
1.2. A Central Termelétrica a Vapor  
1.3. A Célula de Combustível  
1.4. O Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor  
1.5. A Turbina a Gás  
1.6. O Motor Químico de Foguete

2. Conceitos e Definições para a Termodinâmica  
2.1. Sistema termodinâmico e volume de controle  
2.2. Pontos de vista macroscópico e microscópico  
2.3. Estado e propriedades de uma substância  
2.4. Processos e ciclos  
2.5. Sistema de unidades  
2.6. Volume específico, massa específica e pressão  
2.7. Lei Zero da Termodinâmica

## **Plano de Ensino**

2.8. Escalas de temperatura

2. Conceitos e Definições para a Termodinâmica  
2.9. Aplicações na Engenharia e Exercícios

3. Propriedades de uma Substância Pura  
3.1. Substância pura  
3.2. Equilíbrio entre fases  
3.3. Propriedades de uma substância pura  
3.4. Tabelas de propriedades termodinâmicas  
3.5. Superfícies termodinâmicas: Temperatura-Pressão-Volume  
3.6. O Fator de Compressibilidade

3. Propriedades de uma Substância Pura  
3.7. Aplicações na Engenharia e Exercícios

3. Propriedades de uma Substância Pura  
3.8. Aplicações na Engenharia e Exercícios

4. Trabalho e Calor  
4.1. Definição de Trabalho  
4.2. Unidades de Trabalho  
4.3. Trabalho realizado por um processo quase-estático  
4.4. Outras formas de Trabalho  
4.5. Definição de Calor; 4.6. Unidades de Calor  
4.7. Modos de transferência de Calor  
4.8. Comparação entre Calor e Trabalho

4. Trabalho e Calor  
4.9. Aplicações na Engenharia e Exercícios

5. Primeira Lei da Termodinâmica  
5.1. Primeira Lei da Termodinâmica para um processo percorrendo um ciclo  
5.2. Primeira Lei da Termodinâmica e a mudança de estado de um sistema  
5.3. Energia interna - uma propriedade termodinâmica  
5.4. Entalpia - uma propriedade termodinâmica  
5.5. Gases ideais: energia e entalpia  
5.6. A Equação da Primeira Lei em termos de taxas  
5.7. Conservação da massa

5. Primeira Lei da Termodinâmica  
5.8. Aplicações na Engenharia e Exercícios

## **Plano de Ensino**

5. Primeira Lei da Termodinâmica  
5.9. Aplicações na Engenharia e Exercícios

6. Primeira Lei da Termodinâmica aplicada a Volumes de Controle  
6.1. Conservação da massa e o volume de controle  
6.2. A Primeira Lei da Termodinâmica para um volume de controle  
6.3. O processo em regime permanente  
6.4. Exemplos de processos em regime permanente  
6.5. O processo em regime transiente

6. Primeira Lei da Termodinâmica aplicada a Volumes de Controle  
6.6. Aplicações na Engenharia e Exercícios

7. Segunda Lei da Termodinâmica  
7.1. Motores térmicos e refrigeradores  
7.2. A Segunda Lei da Termodinâmica  
7.3. O processo reversível  
7.4. Fatores que tornam irreversível um processo  
7.5. O Ciclo de Carnot  
7.6. As escalas de temperatura: termodinâmica e de gás ideal.  
7.7. Máquinas reais e ideais.

7. Segunda Lei da Termodinâmica  
7.8. Aplicações na Engenharia e Exercícios

8. Entropia  
8.1. Desigualdade de Clausius  
8.2. A Entropia como propriedade termodinâmica  
8.3. Variação de entropia em Processos reversíveis  
8.4. Relações termodinâmicas importantes  
8.5. Variação de entropia em sólido, líquido e gás ideal  
8.6. Processo politrópico reversível para um gás ideal  
8.7. Variação de entropia em processo irreversível  
8.8. Geração de entropia e princípio de aumento de entropia

8. Entropia  
8.9. Aplicações na Engenharia e Exercícios

8. Entropia  
8.10. Aplicações na Engenharia e Exercícios

## **Plano de Ensino**

9. Segunda Lei da Termodinâmica aplicada a Volumes de Controle  
9.1. A Segunda Lei da Termodinâmica para um volume de controle  
9.2. Processos em regime permanente e em regime transiente  
9.3. O processo reversível em regime permanente  
9.4. O princípio do aumento da entropia para um volume de controle

9. Segunda Lei da Termodinâmica aplicada a Volumes de Controle  
9.5. Aplicações na Engenharia e Exercícios

10. Irreversibilidade e Disponibilidade  
10.1. Energia disponível, Trabalho reversível e Irreversibilidade  
10.2. Disponibilidade e Eficiência baseada na Segunda Lei da Termodinâmica  
10.3. Equação do Balanço de Exergia

10. Irreversibilidade e Disponibilidade  
10.4. Aplicações na Engenharia e Exercícios

11. Sistemas de Potência e Refrigeração - com mudança de fase  
11.1. Introdução aos ciclos de potência  
11.2. O Ciclo Rankine  
11.3. O Ciclo com reaquecimento  
11.4. O Ciclo regenerativo  
11.5. Cogeração  
11.6. Introdução aos sistemas de refrigeração  
11.7. O Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor  
11.8. O Ciclo de Refrigeração por Absorção de Amônia

11. Sistemas de Potência e Refrigeração - com mudança de fase  
11.9. Aplicações na Engenharia e Exercícios

12. Sistemas de Refrigeração e Potência - Fluidos de Trabalho  
12.1. Ciclos Padrão a Ar  
12.2. O Ciclo Brayton  
12.3. O Ciclo de Turbina a Gás  
12.4. O Ciclo Padrão a Ar  
12.5. Ciclos de Potência dos Motores com Pistão  
12.6. O Ciclo Otto  
12.7. O Ciclo Diesel  
12.8. O Ciclo Stirling  
12.9. Os Ciclos Atkinson e Miller

12. Sistemas de Refrigeração e Potência - Fluidos de Trabalho  
12.10. Aplicações na Engenharia e Exercícios

## Plano de Ensino

13. Mistura de Gases  
13.1. Considerações gerais e mistura de gases  
13.2. Modelo simplificado para mistura compostas por gases e vapor  
13.3. A Primeira Lei aplicada a misturas Gás-Vapor  
13.4. O Processo de Saturação Adiabática

13. Mistura de Gases  
13.5. Aplicações na Engenharia e Exercícios

13. Mistura de Gases  
13.6. Aplicações na Engenharia e Exercícios

Avaliação 4: Entrega da Resolução da Lista de Exercícios (Equipes)

Avaliação 4: Entrega da Resolução da Lista de Exercícios (Equipes)

Avaliação 2: Apresentação de Artigo Científico (Equipes)

Avaliação 2: Apresentação de Artigo Científico (Equipes)

Avaliação 3: Apresentação de Ciclo Termodinâmico (Equipes)

Avaliação 3: Apresentação de Ciclo Termodinâmico (Equipes)

## Metodologia

### Metodologia de Ensino-Aprendizagem

Todas as aulas, presenciais ou não presenciais (síncronas ou assíncronas), serão realizadas da seguinte forma: serão apresentados slides previamente elaborados pelo professor sobre o conteúdo da aula. No momento oportuno da apresentação do conteúdo previsto, poderão ser apresentados vídeos, imagens, dentre outros recursos, com o objetivo de complementar a aprendizagem e contextualizar com a prática industrial. O professor poderá interromper a sua apresentação caso algum aluno tenha dúvidas para maiores esclarecimentos. Está prevista a resolução de exercícios durante a aula e extraclasse (lista de exercícios a ser entregue). Após as aulas não presenciais (síncronas ou assíncronas), o vídeo será disponibilizado na Sala de Aula Virtual da disciplina no Moodle (BBB - BigBlueButton) para que todos os alunos possam acessar a qualquer momento. Toda semana serão disponibilizados atendimentos individualizados aos alunos via, Sala de Aula Virtual da disciplina no Moodle (BBB - BigBlueButton), Microsoft Teams, vídeo chamada no WhatsApp ou presencialmente na Sala dos Professores, mediante agendamento prévio. O agendamento dos horários deve ser realizado pelo(a) acadêmico(a) com o professor via e-mail institucional da UDESC (sandro.keine@udesc.br) ou via WhatsApp (+55 47 99618-0957), e os mesmos terão duração de 15 minutos.

Os períodos para agendamento de atendimento são: segundas-feiras às sextas-feiras, das 18:00 às 19:00 horas.

Excepcionalmente poderão ser agendados atendimentos em dias e horários diferentes.

Todo o material necessário para o acompanhamento da disciplina será disponibilizado pelo professor via Moodle.

Para auxiliar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem, poderão ser utilizados os seguintes recursos: vídeos, apresentações (slides), animações, serious games, hipertextos, imagens, infográficos, áudios, e-books, tabelas, mapas, tutoriais, entre outros, conforme postagens no diretório da disciplina no Moodle e/ou Microsoft Teams. Sempre que possível, poderão ser realizadas visitas técnicas em Empresas.

## **Plano de Ensino**

As aulas não presenciais síncronas serão realizadas na plataforma BigBlueButton (BBB) do Moodle.

### ***Sistema de avaliação***

#### **Sistema de Avaliação**

A qualidade do desempenho do aluno será avaliada com base no desenvolvimento das seguintes atividades e com os seguintes critérios:

- Avaliação 1: Média dos testes diários individuais realizados sobre conteúdo ministrado (atividade Individual) (55%) (Datas previstas para os Testes: nos dias de aula e conforme vinculação do conteúdo programático às datas no SIGA da UDESC);
- Avaliação 2: Apresentação de Artigo Científico pesquisado (Portal de Periódicos CAPES/MEC: <http://www.periodicos.capes.gov.br>) e entrega da Apresentação do Artigo Científico pesquisado (atividade de Equipe) (15%) (Data prevista para apresentação: conforme vinculação do conteúdo programático às datas no SIGA da UDESC);
- Avaliação 3: Apresentação de Ciclo Termodinâmico: 1º semestre (Ciclo Rankine); 2º semestre (Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor) (atividade em Equipe) (15%) (Data prevista para apresentação: conforme vinculação do conteúdo programático às datas no SIGA da UDESC);
- Avaliação 4: Entrega da Resolução da Lista dos Exercícios (atividade em Equipe) (15%) (Data prevista para entrega: conforme vinculação do conteúdo programático às datas no SIGA da UDESC);
- A Prova de Exame Final, caso aplicável, será realizada no período previsto no Calendário Acadêmico da UDESC, no horário da aula da disciplina e na sala de aula da disciplina.

### ***Bibliografia básica***

#### **Bibliografia Básica**

BORGNACKE, C; SONNTAG, Richard Ewin. Fundamentos da Termodinâmica. São Paulo: Blucher, c2009.

MORAN, Michael J. Introdução à engenharia de sistemas térmicos: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, c2005.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. Princípios de termodinâmica para engenharia. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 800 p

### ***Bibliografia complementar***

#### **Bibliografia Complementar**

KNIGHT, Randall D. Física: uma abordagem estratégica. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ÇENGEL, Yunus A; BOLES, Michael A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 4 v.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. Física II: termodinâmica e ondas. 12.ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

CHAVES, Alaor,. Física básica: gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos: LAB, 2007.

PÁDUA, Antonio Braz de; PÁDUA, Cléia Guiotti de. Termodinâmica: uma coletânea de problemas. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e

## **Plano de Ensino**

Científicos, 2006.

OLIVEIRA, Mário José de. Termodinâmica. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, John W. Princípios de física. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

SONNTAG, Richard Ewin; VAN WYLEN, Gordon John; BORGNAKKE, C. Fundamentos da Termodinâmica. São Paulo: E. Blucher, c1998.

SCHMIDT, Frank W.; WOLGEMUTH, Carl H; HENDERSON, Robert E. Introdução às ciências térmicas: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor. São Paulo: E. Blucher, 1996.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T; PRITCHARD, Philip J. Introdução à mecânica dos fluidos. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, c2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados . 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

### **Informações sobre realização de Prova de 2ª Chamada**

A Resolução nº 039/2015 - CONSEPE regulamenta o processo de realização de provas de segunda chamada.

O acadêmico regularmente matriculado que deixar de comparecer a qualquer das avaliações nas datas fixadas pelo professor, poderá solicitar segunda chamada desta avaliação através de requerimento por ele assinado, ou por seu representante legal, entregue na Secretaria de Ensino de Graduação e/ou Secretaria do Departamento, no prazo de 5 (cinco) dias úteis, contados a partir da data de realização da avaliação, sendo aceitos pedidos, devidamente comprovados e que se enquadrem em uma das seguintes situações:

- I - problema de saúde do aluno ou parente de 1º grau, devidamente comprovado, que justifique a ausência;
- II - ter sido vítima de ação involuntária provocada por terceiros, comprovada por Boletim de Ocorrência ou documento equivalente;
- III - manobras ou exercícios militares comprovados por documento da respectiva unidade militar;
- IV - luto, comprovado pelo respectivo atestado de óbito, por parentes em linha reta (pais, avós, filhos e netos), colaterais até o segundo grau (irmãos e tios), cônjuge ou companheiro (a), com prazo de até 5(cinco) dias úteis após o óbito;
- V - convocação, coincidente em horário, para depoimento judicial ou policial, ou para eleições em entidades oficiais, devidamente comprovada por declaração da autoridade competente;
- VI - impedimentos gerados por atividades previstas e autorizadas pela Chefia de Departamento do respectivo curso ou instância hierárquica superior, comprovada através de declaração ou documento equivalente;
- VII - direitos outorgados por lei;
- VIII - coincidência de horário de outras avaliações do próprio curso, comprovada por declaração da chefia de departamento;
- IX ? convocação para competições oficiais representando a UDESC, o Município, o Estado ou o País;
- X ? convocação pelo chefe imediato, no caso de acadêmico que trabalhe, em documento devidamente assinado e carimbado, contendo CNPJ da empresa ou equivalente, acompanhado de documento anexo que comprove o vínculo empregatício, como cópia da carteira de trabalho ou do contrato.

Parágrafo único - O requerimento deverá explicitar a razão que impediu o acadêmico de realizar a avaliação.