



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

SEMESTRE 2018.1

**I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:**

| CÓDIGO  | NOME DA DISCIPLINA            | Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS |          | TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS |
|---------|-------------------------------|---------------------------|----------|--------------------------------|
|         |                               | TEÓRICAS                  | PRÁTICAS |                                |
| EES7306 | CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS | 04                        | 00       | 72                             |

**HORÁRIO**

| TURMAS TEÓRICAS                | TURMAS PRÁTICAS | MODALIDADE |
|--------------------------------|-----------------|------------|
| 07653 - 3.1420-2<br>- 5.1620-2 | -               | Presencial |

**II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)**

Elaine Virmond (elaine.virmond@ufsc.br)

**III. PRÉ-REQUISITO(S)**

| CÓDIGO               | NOME DA DISCIPLINA               |
|----------------------|----------------------------------|
| EES7354              | Transferência de Calor e Massa I |
| EES7366 (ou EES7351) | Termodinâmica II                 |
| EES7369              | Geologia de Carvão e Petróleo    |

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

Graduação em Engenharia de Energia

**V. JUSTIFICATIVA**

Combustão é o processo mais antigo aplicado a materiais sólidos para a produção de energia térmica, mas há outros processos aplicáveis, tais como pirólise e gaseificação. Considerando-se a atual dependência mundial de combustíveis sólidos convencionais (carvão mineral e madeira, por exemplo) para produção de energia térmica e elétrica; a dificuldade de disposição adequada de resíduos sólidos e o elevado custo associado; a disponibilidade de grande diversidade e quantidade de resíduos sólidos com potencial energético, tornam-se imprescindíveis ao Engenheiro de Energia o conhecimento e a capacidade de análise, operação e otimização de sistemas de conversão térmica de sólidos com vistas ao aumento da eficiência energética de sistemas já instalados, da exploração de fontes alternativas, e do desenvolvimento de novos processos, mais eficientes e com menores impactos social e ambiental.

**VI. EMENTA**

Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos. Caracterização de sólidos como combustíveis. Processos de conversão térmica de sólidos: pirólise, gaseificação e combustão. Aplicação dos produtos da conversão térmica.

**VII. OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:** Fornecer subsídios para análise, projeto, operação e otimização de processos de conversão térmica de sólidos.

**Objetivos Específicos:**

- Apresentar os processos de conversão térmica de sólidos, sua importância e sua aplicabilidade no cenário energético local, nacional e mundial;
- Relacionar e caracterizar os principais sólidos utilizados como fonte de energia em processos de conversão térmica;
- Descrever características, propriedades físico-químicas e metodologias aplicáveis à avaliação do potencial de aplicação de sólidos como combustíveis;
- Descrever processos genéricos de pirólise, de gaseificação e de combustão;

- Apresentar os principais sistemas de conversão térmica utilizados industrialmente, relacionando propriedades dos sólidos combustíveis a parâmetros operacionais, produtos, resíduos e possibilidades de aplicação.

## VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

### Conteúdo Teórico:

1. INTRODUÇÃO
  - 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos;
  - 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos;
2. CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS
  - 2.1 Tipos, classificação e propriedades físico-químicas;
  - 2.2 Disponibilidade, logística de coleta, transporte e armazenamento;
  - 2.3 Prétratamento de sólidos: redução de tamanho de partícula, compactação, torrefação, outros;
3. PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS
  - 3.1 Introdução e definições fundamentais;
  - 3.2 Combustão;
    - Etapas do processo de combustão e produtos formados;
    - Parâmetros e controle operacional do processo de combustão;
    - Cálculos estequiométricos da combustão;
    - Tipos, projeto e operação de reatores de combustão (combustores);
    - Emissões e análise do processo de combustão;
  - 3.3 Pirólise;
    - Etapas do processo de pirólise e produtos formados;
    - Pirólise lenta ou carbonização: tecnologias e sistemas de carbonização;
    - Pirólise rápida: tecnologias e sistemas de pirólise rápida;
  - 3.4 Gaseificação;
    - Etapas do processo de gaseificação e produtos formados;
    - Tecnologias e sistemas de gaseificação;
4. APLICAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONVERSÃO TÉRMICA
  - 4.1 Produtos da pirólise;
  - 4.2 Produtos da gaseificação;
  - 4.3 Produtos da combustão.

Conteúdo Prático: Não se aplica.

## IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

O processo de ensino/aprendizagem será composto por:

- 1) Aulas teóricas com utilização de quadro e recursos áudio visuais;
- 2) Atividades dirigidas em sala de aula ou extraclasse (seminários individuais ou em grupo, elaboração de trabalhos escritos, resolução de listas de exercícios, estudo de tópico para apresentação ou arguição oral em sala de aula, palestras, entre outras). As atividades dirigidas serão realizadas em data/prazo devidamente acordado. Visita(s) técnica(s) de estudos a empresas do setor de energia prevista(s) em outra(s) disciplina(s) poderá(ão) ser incorporada(s) ao cronograma desta disciplina por apresentar(em) interesses comuns no âmbito de seus conteúdos.

A plataforma Moodle-UFSC será canal auxiliar de comunicação entre professora e alunos. Todo o material didático e de apoio será postado no ambiente da disciplina no Moodle ou, alternativamente, enviado por e-mail ou disponibilizado na forma impressa quando necessário.

**Observação:** A professora estará disponível para atendimento aos alunos em sua sala no seguinte dia da semana e horário: terça-feira, 16h20min às 18h00min.

## X. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- A verificação do rendimento compreenderá **frequência e aproveitamento** nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes à disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não comparecer no mínimo a 75% das mesmas.
- A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).
- Avaliações: Serão realizadas atividades individuais ou em grupo (pelo menos 4 (quatro)) e 1 (uma) avaliação individual escrita (AE) ao longo do semestre.
- Cada avaliação receberá nota entre zero (0) e dez (10).
- A média aritmética simples das notas obtidas nas atividades individuais ou em grupo (MA) e a nota obtida na avaliação individual escrita (AE) terão ambas peso 3 (três) no cálculo da média final (MF) da disciplina:

$$MF = \frac{(MA) * 3 + (AE) * 3}{6}$$

- O aluno com frequência suficiente (FS) e com média das notas das avaliações do semestre (MF) 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 final (NF) 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).

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

- As avaliações poderão conter questões objetivas, objetivas mistas e dissertativas.
- 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).

#### 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 atividades avaliativas previstas no plano de ensino, deverá formalizar pedido à Chefia do Departamento de Ensino ao qual a disciplina pertence, dentro do prazo de 3 (três) dias úteis, apresentando documentação comprobatória."
- O pedido de nova avaliação deverá ser formalizado na Secretaria Integrada de Departamento.
- A nova avaliação ocorrerá na última semana do semestre letivo, conforme calendário acadêmico e cronograma a seguir.

#### Avaliação de Recuperação

- A avaliação de recuperação (REC) abrangerá todo o conteúdo da disciplina e será realizada na última semana do semestre letivo, conforme calendário acadêmico e cronograma a seguir.

| XI. CRONOGRAMA PREVISTO |                     |   |
|-------------------------|---------------------|---|
| SEMANA                  | DATA                | ASSUNTO   |
| 1ª                      | 26/02/18 a 03/03/18 | Apresentação do plano de ensino. 1) INTRODUÇÃO. 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos.  |
| 2ª                      | 05/03/18 a 10/03/18 | 1) INTRODUÇÃO. 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos. 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos.   |
| 3ª                      | 12/03/18 a 17/03/18 | 1) INTRODUÇÃO. 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos. 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos.   |
| 4ª                      | 19/03/18 a 24/03/18 | 2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS: 2.1 Tipos, classificação e propriedades físico-químicas.  |
| 5ª                      | 26/03/18 a 31/03/18 | 2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS. 2.2 Disponibilidade, logística de coleta, transporte e armazenamento. 2.3 Prétratamento de sólidos: redução de tamanho de partícula, compactação, torrefação, outros. <b>ATIVIDADE.</b> |
| 6ª                      | 02/04/18 a 07/04/18 | 03/04/2018 (ter): Feriado. <b>ATIVIDADE.</b>  |
| 7ª                      | 09/04/18 a 14/04/18 | <b>ATIVIDADE.</b> 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.1: Introdução e definições fundamentais. 3.2 Combustão.   |
| 8ª                      | 16/04/18 a 21/04/18 | 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.2 Combustão. <b>ATIVIDADE.</b>  |
| 9ª                      | 23/04/18 a 28/04/18 | 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 3.2 Combustão.   |
| 10ª                     | 30/04/18 a 05/05/18 | 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 3.2 Combustão.   |
| 11ª                     | 07/05/18 a 12/05/18 | 01/05/2018 (ter): Feriado. <b>ATIVIDADE.</b>  |
| 12ª                     | 14/05/18 a 19/05/18 | <b>ATIVIDADE.</b> 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.3 Pirólise.   |
| 13ª                     | 21/05/18 a 26/05/18 | 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.3 Pirólise. 3.4 Gaseificação.   |
| 14ª                     | 28/05/18 a 02/06/18 | 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.4 Gaseificação. 31/05/2018 (qui): Feriado   |
| 15ª                     | 04/06/18 a 09/06/18 | <b>AValiação Escrita (AE).</b>  |

|                 |                     |  |
|-----------------|---------------------|--|
| 16 <sup>a</sup> | 11/06/18 a 16/06/18 | 4) APLICAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 4.1 Produtos da pirólise. 4.2 Produtos da gaseificação. 4.3 Produtos da combustão. <b>ATIVIDADE.</b> |
| 17 <sup>a</sup> | 18/06/18 a 23/06/18 | <b>ATIVIDADE.</b>  |
| 18 <sup>a</sup> | 25/06/18 a 30/06/18 | <b>ATIVIDADE. NOVA AVALIAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECUPERAÇÃO.</b>   |
| 19 <sup>a</sup> | 02/07/18 a 04/07/18 | Divulgação de notas finais.  |

**OBS: O cronograma está sujeito a ajustes.**

| <b>XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2018.1</b> |   |
|--|---|
| <b>DATA</b>  |   |
| 30/03/18 (sex)   | Sexta-feira Santa                       |
| 31/03/18 (sab)   | Dia não letivo                          |
| 03/04/18 (ter)   | Aniversário da Cidade                   |
| 21/04/18 (sab)   | Tiradentes                              |
| 30/04/18 (seg)   | Dia não letivo                          |
| 01/05/18 (ter)   | Dia do Trabalhador                      |
| 04/05/18 (sex)   | Dia da Padroeira da Cidade de Araranguá |
| 31/05/18 (qui)   | <i>Corpus Christi</i>                   |
| 01/06/18 (sex)   | Dia não letivo                          |
| 02/06/18 (sab)   | Dia não letivo                          |

### **XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

- 1 HILSDORF, J.W. et al. **Química tecnológica**. São Paulo: Cengage Learning, c2004. viii, 340 p. ISBN 8522103526.
- 2 CORTEZ, L.A.B., LORA, E.E.S., GÓMEZ, E.O. (Org.) **Biomassa para energia**. - Campinas, SP : Editora da Unicamp, 2008, 736 p. ISBN 9788526807839.
- 3 SAJWAN, K.S.; ALVA, A.K.; PUNSHON, T.; TWARDOWSKA, I. **Coal Combustion Byproducts and Environmental Issues**. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc., 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/0-387-32177-2>>.

### **XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

1. RENDEIRO, G. (Coord.). **Combustão e gasificação de biomassa sólida - Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 193 p. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Biomassa.pdf](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Biomassa.pdf)>
2. BASU, P. **Biomass gasification and pyrolysis – practical design and theory**. Oxford, Elsevier Inc, 2010, 364 p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123749888>>
3. CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Comunicação técnica do livro Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente**, Abril de 2008. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-094-00.pdf>>
4. LEITE, J.R.M.; BELCHIOR, G.P.N. (Org.) **Resíduos sólidos e políticas públicas [recurso eletrônico]: diálogos entre universidade, poder público e empresa**. Disponível em: <[http://www.planetaverde.org/arquivos/biblioteca/arquivo\\_20140226151318\\_3810.pdf](http://www.planetaverde.org/arquivos/biblioteca/arquivo_20140226151318_3810.pdf)>
5. TURNS, S.R. **Introdução à combustão: conceitos e aplicações**. Porto Alegre AMGH 2013, 424 p. ISBN 9788580552744.


Professor(a): Elaine Virmond

Elaine  
Virmond:03516675985

Assinado de forma digital por  
Elaine Virmond:03516675985  
Dados: 2018.05.21 14:10:06 -03'00'

Aprovado pelo Colegiado do Curso em 20/3/2018

Presidente do Colegiado:

  
Rogéria Gomes de Oliveira, Dr.  
Prof. Adjunto/SIAPE: 1724307  
UFSC/Campus Araranguá