



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ - ARA
PLANO DE ENSINO

SEMESTRE 2013.2

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	N ^o DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
ARA7308	Hidrogênio e Pilhas à Combustível	4	-	72

HORÁRIO

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
07653 - 3.1830(2) 07653 - 6.2020(2)	-	Presencial

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Elise Meister Sommer

Email: esommer.ufsc@gmail.com

III. PRÉ-REQUISITO(S)

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
ARA7170	Circuitos Elétricos
ARA7351	Termodinâmica II
ARA7355	Transferência de Calor e Massa II

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

Graduação em Engenharia de Energia

V. JUSTIFICATIVA

Esta disciplina é necessária para uma complementação na formação do profissional de engenharia de energia, apresentando uma fonte alternativa de energia, as células de combustível e o seu principal combustível, o hidrogênio, que tem potencial para ser um importante vetor energético.

VI. EMENTA

Introdução, Princípios termodinâmicos de células a combustível. Transporte em membranas. Catálise. Transferência de calor, massa e cargas elétricas. Desempenho de células a combustível. Eletroquímica. Curva de polarização. Sistemas de geração de eletricidade. Testes de desempenho. Materiais e processos de fabricação. Produção, armazenamento e transporte de hidrogênio. Aspectos de segurança. Exemplos em geração estacionária e em mobilidade. Análise de ciclo de vida.

VII. OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Capacitar o aluno para conhecer os conceitos básicos sobre o projeto e o funcionamento das células de combustível, além da produção e armazenamento de hidrogênio.

Objetivos Específicos:

- Despertar nos acadêmicos o interesse pela tecnologia de Células de Combustíveis, destacando os benefícios da

mesma;

- Explicar o princípio básico de funcionamento da geração de energia por células de combustível;
- Contextualizar os métodos de produção e armazenamento de hidrogênio;
- Capacitar os alunos para calcular a potência produzida por uma célula de combustível, considerando o potencial irreversível produzido e as perdas de potencial devido às irreversibilidades: sobrepotenciais de ativação, concentração e ôhmico;
- Apresentar os diversos tipos de células de combustível existentes;
- Identificar os métodos de caracterização de células de combustível;
- Conhecer os componentes das células de combustíveis e os materiais utilizados;
- Estimular nos acadêmicos a busca e compreensão de artigos científicos na área da disciplina.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE 01: Introdução

- 1.1 O que é uma célula de combustível
- 1.2 Funcionamento de células de combustível
- 1.3 Vantagens e desvantagens
- 1.4 Desempenho de uma célula de combustível
- 1.5 Componentes de células de combustível
- 1.6 Células de combustível e o meio ambiente

UNIDADE 02: Termodinâmica das células de combustível

- 2.1 Revisão de Termodinâmica
- 2.2 Entalpia de Reação
- 2.3 Energia livre de Gibbs
- 2.4 Cálculo do potencial reversível para diferentes condições
- 2.5 Equação de Nernst

UNIDADE 03: Cinética de reação para células de combustível

- 3.1 Eletrocatalise
- 3.2 Energia de ativação
- 3.3 Densidade de corrente de troca
- 3.4 Equação de Butler-Volmer
- 3.5 Equação de Tafel
- 3.6 Desenvolvimento de eletrodos para células de combustível

UNIDADE 04: Transporte de carga em células de combustível

- 4.1 Densidade de corrente
- 4.2 Resistência ao transporte de carga
- 4.3 Condutividade iônica
- 4.4 Sobrepotencial ôhmico
- 4.5 Eletrólitos para células de combustível

UNIDADE 05: Transporte de massa em células de combustível

- 5.1 Difusão mássica
- 5.2 Densidade de corrente limite
- 5.3 Canais de entrada de gases
- 5.4 Resistência ao transporte de carga

UNIDADE 06: Modelagem matemática de células de combustível

- 6.1 Construção do modelo matemático
- 6.2 Hipóteses
- 6.3 Equações Governantes
- 6.4 Exemplos e aplicações

UNIDADE 07: Caracterização de células de combustível

7.1 Caracterizações *in situ*

7.2. Caracterizações *ex situ*

UNIDADE 08 Sistemas de células de combustíveis

8.1 *Stacks*

8.2 Equipamentos utilizados

UNIDADE 9 Tipos de Células de Combustíveis

9.1 Célula de Combustível de Membrana Polimérica

9.2 Célula de Combustível Alcalina

9.3 Célula de Combustível de Ácido Fosfórico

9.4 Célula de Combustível de Óxido Sólido

UNIDADE 10: Hidrogênio

10.1 Produção

10.2 Armazenamento e transporte

10.3 Perspectivas para o uso energético do hidrogênio

10.4 Hidrogênio como vetor energético

UNIDADE 11 Análise de ciclo de vida

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

1. Aulas expositivas intercaladas com discussões.
2. Material de apoio postado no Moodle.
3. Desenvolvimento de exercícios, trabalhos e seminários.

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, no mínimo a 75% das mesmas (Frequência Suficiente - FS), ficando reprovado o aluno com mais de 25% de faltas (Frequência Insuficiente - FI).
- Serão realizadas duas provas escritas:
- Prova Escrita 1 será referente aos conteúdos das **Unidades 1, 2, 3, 4 e 5: P1**
- Prova Escrita 2 será referente aos conteúdos das **Unidades 6, 7, 8, 9 e 10: P2**
- A média das Provas (MP) será calculada da seguinte forma:

$$MP = \frac{(P1 + P2)}{2}$$

- Trabalhos e seminários compõem uma média de trabalhos (MT), que considerará a nota do trabalho escrito (ME) e a nota individual de apresentação (MA).

$$MT = 0,25 \cdot ME_1 + 0,25MA_1 + 0,25 \cdot ME_2 + 0,25MA_2$$

- Média Final: $MF = 0,6 \cdot MP + 0,4 \cdot MT$

- A nota mínima para aprovação na disciplina será $MF \geq 6,0$ (seis) e Frequência Suficiente (FS). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).

- O aluno com Frequência Suficiente (FS) e média das notas de 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).

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

- 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)

Nova avaliação

- Pedidos de segunda avaliação somente para casos em que o aluno, por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino, e deverá ser formalizado via requerimento de avaliação à Secretaria Acadêmica do Campus Araranguá dentro do prazo de 3 dias úteis apresentando comprovação.

XI. CRONOGRAMA PREVISTO: AULAS TEÓRICAS E PRÁTICAS EM LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA:

AULA (semana)	DATA	ASSUNTO
1ª	12/08/2013 a 17/08/2013	Apresentação da disciplina – Plano de Ensino UNIDADE 01: Introdução
2ª	19/08/2013 a 24/08/2013	UNIDADE 02: Termodinâmica das células de combustível
3ª	26/08/2013 a 31/08/2013	UNIDADE 03: Cinética de reação para células de combustível
4ª	02/09/2013 a 07/09/2013	UNIDADE 04: Transporte de carga em células de combustível
5ª	09/09/2013 a 14/09/2013	UNIDADE 05: Transporte de massa em células de combustível
6ª	16/09/2013 a 21/09/2013	Revisão PROVA P1 – Unidades 1, 2, 3, 4 e 5
7ª	23/09/2013 a 28/09/2013	UNIDADE 06: Modelagem matemática de células de combustível
8ª	30/09/2013 a 05/10/2013	UNIDADE 07: Caracterização de células de combustível
9ª	07/10/2013 a 12/10/2013	UNIDADE 08: Sistemas de células de combustíveis
10ª	14/10/2013 a 19/10/2013	UNIDADE 09: Tipos de Células de Combustíveis Entrega e Apresentação dos Trabalhos
11ª	21/10/2013 a 26/10/2013	UNIDADE 10: Hidrogênio
12ª	28/10/2013 a 02/11/2013	Revisão PROVA P2 – Unidades 6, 7, 8, 9 e 10
13ª	04/11/2013 a 09/11/2013	UNIDADE 11 Análise de ciclo de vida
14ª	11/11/2013 a 16/11/2013	Estudo de casos com a tecnologia de células de combustível e produção de hidrogênio
15ª	18/11/2013 a 23/11/2013	Discussão dos artigos e desenvolvimento dos trabalhos
16ª	25/11/2013 a 30/11/2013	Entrega e Apresentação dos Seminários
17ª	02/12/2013 a 07/12/2013	NOVA AVALIAÇÃO RECUPERAÇÃO
18ª	09/12/2013 a 11/12/2013	Publicação de Notas

XIII. Feriados previstos para o semestre 2013-2

DATA	Feriado
07/09/2013	Independência do Brasil – Feriado Nacional (Lei nº 662/49)
12/10/2013	Nossa Senhora Aparecida – Feriado Nacional (lei nº 6802/80)
02/11/2013	Finados – Dia Santificado
15/11/2013	Proclamação da República – Feriado Nacional (Lei nº 662/49)
20/11/2013	Dia da Consciência negra (Lei 10.639/03)
11/12/2013	Término do 2º período letivo

XIV. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

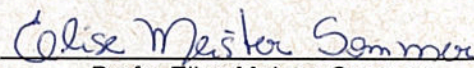
1. Emilio Hoffmann Gomes Neto. **Evoluir sem Poluir - A Era do Hidrogênio, das Energias Sustentáveis e**

- das Células a Combustível.** BrasilH2 Fuel Cell Energy, Curitiba. 2005.
- O'HAYRE, R. *et al.* **Fuel Cell Fundamentals.** 2. ed, Estados Unidos da América: Editora John Wiley & Sons, 2006.
 - LARMINIE, J.; DICKS, A. **Fuel Cell Systems Explained.** 2. ed. Estados Unidos da América: Editora John Wiley & Sons, 20063.

XV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR:

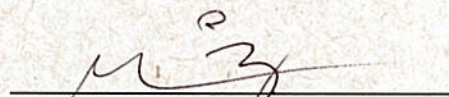
- TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica.** 2. ed. São Paulo: Edusp, 2005.
- GOLDEMBERG, J.; PALETTA, F. C. (Coord.) **Série energia e sustentabilidade: Energias Renováveis.** São Paulo: Blucher, 2012.
- Artigos científicos indicados ao longo do curso, como por exemplo: (1) WENDT, H.; GÖTZ, M. E LINARDI, M. Tecnologia de Células a Combustível. **Química Nova**, vol. 23, 2000. (2) MENCH, M. M.; WANG, C.; THYNELL, S. T. An introduction to Fuel Cells and Related Transport Phenomena. **International Journal of Transport Phenomena**, v. 3, p. 151-176, 2001.

Os livros acima citados constam na Biblioteca Universitária e Setorial de Araranguá.
Algumas bibliografias também podem ser encontradas no acervo da disciplina, via sistema Moodle.



Profa. Elise Meister Sommer

Aprovado na Reunião do Colegiado do Curso 14,08/2013



Coordenador do Curso

Prof. Dr. Fernando Henrique Milanesi
Coordenador do Curso de Graduação
em Engenharia de Energia
SIAPE: 1606552 Portaria nº 759/2013/G#