

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Otimização de sistemas de energia**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99391

Professores: Flávia Zinani e Luiz Rocha

EMENTA

Problema de projeto ótimo. Variáveis de projeto, função desempenho, objetivo, restrição. Classificação: Problemas lineares, não lineares. Com restrições, sem restrições. Programação matemática. Conceitos básicos de algoritmos. Algoritmos para minimização sem restrições. Incorporação de restrições. Condições de otimalidade com restrições de igualdade e desigualdade. Penalização. Formulação de problemas de ótimo em sistemas térmicos. Análise de sensibilidade.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Otimização: conceitos básicos;
Fundamentos Matemáticos;
Otimização com e sem restrições;
Otimização multiobjetivo;
Métodos Clássicos;
Otimização heurística.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

JALURIA, Y. **Design and optimization of thermal systems**. 2nd ed. Piscataway: CRC, 2007.

STOECKER, W. F. **Design of thermal systems**. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1989.

YANG, X. S. **Engineering optimization**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ARORA, J. S. **Introduction to optimum design**. 2nd ed. New York: Academic, 1989.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Métodos numéricos para engenharia**. 5. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2008

MARTINEZ, M.; SANTOS, S. **Métodos computacionais de otimização**. Campinas: IMEECC-UNICAMP, 1995.

RAVINDRAN, A.; RAGSDELL, K. M.; REKLAITIS, G. V. **Engineering optimization**: methods and applications. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupo;

Seminários;

Avaliação escrita individual.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Técnicas Experimentais**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 25 Carga horária prática: 20

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 099385

Professor: João Batista Dias

EMENTA

Estatística e processamento de dados experimentais. Características de distribuições probabilísticas. Processos de medições e erros. Estimativas de parâmetros. Propagação de erros. Ajuste de curvas. Fundamentos da aquisição de dados. Dispositivos analógicos e digitais. Técnicas de amostragem. Teorema de Nyquist. Tipos de sensores. Medição de grandezas fundamentais como: temperatura, pressão, velocidade, vazão, fluxo de calor e umidade relativa, envolvendo o sensor (sensibilidade, calibração), condicionamento dos sinais, aquisição e tratamento.

OBJETIVOS

1. Desenvolver o conhecimento teórico e habilidades na área experimental através do manuseio de instrumentos de medição bem como fazer a análise estatística de suas respectivas respostas;
2. Construir e analisar instrumentos de medições a partir dos conhecimentos adquiridos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

AGILENT TECHNOLOGIES. **User's guide**: data acquisition/switch unit. 3rd ed. [United States?]: [s.n.],1999.

BENDAT, J. S.; PIERSOL, A. G. **Random data**: analysis and measurement procedures. New York: John Wiley & Sons, 2000.

DOEBELIN, E.O. **Measurement systems**: application and design. New York: McGraw-Hill, 1990.

HELENE, O. A. M.; VANIN, V. R. **Tratamento estatístico de dados em física experimental**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.

HOLLMANN, J. P. **Experimental methods for engineers**. [S.I.]: McGraw Hill, 1996.

ISMAIL, K. A. **Técnicas de medidas e instrumentação em engenharia mecânica**. São Paulo: Ed. UNICAMP, 1986.

KEITH C. **Fundamental of test measurement instrumentation**. Pittsburgh: ISA, 2006.

RAMOS, L. A. M. **Física experimental**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1984.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria dos erros**. [S.I.]: Edgard Blücher, 1996.

WHEELER, A. J.; GANJI, A. R. **Introduction to engineering experimentation**. USA: Prentice Hall, 1995.

AVALIAÇÃO

A avaliação é composta de atividades práticas e projetos experimentais realizados no laboratório e extraclasse. Todas as práticas são apresentadas oralmente e postadas em formato PDF na respectiva pasta do aluno, com valor máximo igual a 10 pontos. A nota final será atribuída com base na média das atividades práticas realizadas em aula, das apresentações orais das práticas e projetos experimentais, conforme a equação abaixo: As práticas e/ou projetos não apresentados oralmente não farão parte da composição da média final.

$$MF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ATP_i$$

onde **n** é o número de práticas e projetos realizados no período da disciplina e ATP são as atividades propostas.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Tópicos Especiais**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 30 Carga horária teórica: 30 Carga horária prática: 0

Créditos: 02

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108650

Professor: Rejane De César Oliveski

EMENTA

A disciplina Tópicos Especiais contempla atividades eventuais que possam ser ministradas visando à complementação da formação acadêmica dos alunos, principalmente para aproveitar as visitas de pesquisadores e/ou docentes de outras Instituições/Universidades para oferecimento de cursos de curta duração, realização de simpósios e seminários.

A participação em seminários pode significar a presença em palestras, defesas e outras atividades similares, entendidas como atividades de pós-graduação e que, a critério do Colegiado do Curso, possam ser computadas como créditos.

Para fins de contabilização dos créditos que podem substituir o cursar a disciplina, os alunos deverão participar em, pelo menos, quinze atividades ao longo do curso, validadas pelo Colegiado do Programa e cujas presenças deverão ser devidamente registradas.

Dentre as atividades previstas, é obrigatória a presença/participação dos alunos matriculados em pelo menos duas oficinas, de 3 horas cada, uma versando sobre temas “Referências e Citações em Textos Acadêmicos” e “Prática, Estrutura e Formatação de Textos Acadêmicos” (que serão ofertadas pelo curso, compartilhadas com outros ou ministradas pelo próprio corpo docente ou por professor convidado) e outra capacitando para o acesso às bases de dados.

OBJETIVOS

Desenvolver conteúdos complementares para a formação dos discentes apresentando temas atuais em conformidade com a área de concentração e a linha de pesquisa, além de orientar a formatação do seminário de qualificação.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Aspectos relevantes do regimento interno e das normas para o seminário de qualificação. Diretrizes para a revisão bibliográfica. Pesquisa em base de dados. Atendimento personalizado para elaboração do seminário de qualificação. Palestras sobre temas de interesse na área de Energia.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

RIBEIRO, J. L. D. **Diretrizes para elaboração do referencial teórico e organização de textos científicos**. Porto Alegre: PPGE/UFRGS, 2007.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM. **Orientações para apresentação do seminário de qualificação e da Dissertação - PPGEM.** São Leopoldo, 2014.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS. Biblioteca. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos:** artigo de periódico, dissertação, projeto, relatório técnico e/ou científico, trabalho de conclusão de curso, dissertação e tese. São Leopoldo: UNISINOS, Biblioteca, 2017. Disponível em: < <http://www.unisinos.br/biblioteca/images/docs/manual-elaboracao-trabalhos-academicos.pdf> >. Acesso em: 06 set. 2017.

AVALIAÇÃO

Comprovação da participação em, pelo menos, 15 seminários, palestras, defesas ou eventos similares, desde que sejam de interesse para o trabalho que será desenvolvido.

Participação em oficinas sobre produção de textos acadêmicos, referências bibliográficas e pesquisa em base de dados.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Simulação de Edificações**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108655

Professor: Paulo Roberto Wander

EMENTA

Noções de conforto térmico. Legislação referente a edificações. Programas para simulação de edificações. Propriedades físicas dos materiais e fluidos e modelos de desempenho de equipamentos diversos. Eficiência energética em edificações (envoltória, iluminação e sistemas de ar condicionado).

OBJETIVOS

Capacitar o aluno a simular o comportamento de edificações de modo a permitir uma análise integrada de aspectos de conforto, uso de equipamentos e características da envoltória visando redução do consumo de energia. Mostrar a influência da dinâmica dos processos ao longo do tempo, permitindo uma interpretação completa dos parâmetros de análise.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Conforto térmico. Transferência de calor em superfícies planas (condução, convecção e radiação), equações, propriedades de materiais. Carga térmica de edificações, métodos e programas de simulação. Sistemas de condicionamento de ar. Modelos de desempenho de equipamentos diversos. Solução de problemas e estudos de caso.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS.
Ashrae handbook: fundamentals. Atlanta: SI Edition, 2009.

CLARKE, J. A. **Energy simulation in building design**. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.

CRAWLEY, D. B. et al. Energy plus: energy simulation program. **ASHRAE Journal online**, Atlanta, v. 42, n. 4, p. 49-56, 2000,

MALKAWI, Ali; AUGENBROE, Godfried (Ed.). **Advanced building simulation**. New York: Spon Press, 2004.

UNDERWOOD, Chris; YIK, Francis. **Modelling methods for energy in buildings**. Oxford: Blackweel Pub., 2004.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CARLO, J.; LAMBERTS, R. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: effect of different variables on electricity consumption. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 40, p. 2002-2008, 2008.

CRAWLEY, D. B. et al. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 33, p. 319-331, 2001.

IHM, P.; KRARTI, M.; HENZE, G. P. Development of a thermal energy storage model for EnergyPlus. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 36, p. 807-814, 2004.

LOMBARD, L. P. et al. A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 43, p. 255-268, 2011.

ZHOU, Y. P. et al. Simulation and experimental validation of the variable-refrigerant-volume (VRV) air-conditioning system in EnergyPlus. **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 40, n. 1041-1047, 2008.

AVALIAÇÃO

Trabalhos e/ou apresentação de seminários, artigos e provas.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Projeto e Simulação de Sistemas Térmicos**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108651

Professor: Mario Henrique Macagnan

EMENTA

Sistemas térmicos. Projeto e simulação de trocadores de calor. Refrigeração e ar condicionado. Sistemas de geração de potência. Recuperação de resíduos térmicos e Acumulação térmica. Modelagem e simulação com uso de aplicativos.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Projeto e simulação em engenharia. Sistemas térmicos: conceituação, classificação e modelagem de equipamentos e sistemas.
2. Trocadores de calor: tipos; princípios teóricos, métodos de análise e projeto térmico-hidráulico.
3. Refrigeração e ar condicionado: sistemas de compressão mecânica a vapor: compressores, dispositivos de expansão, refrigerantes; ciclo de absorção.
4. Sistemas de geração de potência: ciclos Rankine e Brighton. Bombas e turbinas.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ASHRAE Handbook, Refrigeration. Atlanta: Ashrae, 2010.

BEJAN, A. **Advanced engineering thermodynamics**. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

GARCIA, C. **Modelagem e simulação de processos industriais e sistemas eletromecânicos**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2009.

HEROLD, K. E.; RADERMACHER, R.; KLEIN, S. A. **Absorption chillers and heat pumps**. Boca Raton: CRC Press, 1996.

JALURIA, Y. **Design and optimization of thermal systems**. 2nd ed. [S.l.]: CRC Press: Taylor & Francis Group, 2008.

JANNA, W. S. **Design of fluid thermal systems**. 3rd ed. Stamford: Cengage Learning, 2011.

KUPPAN, T. **Heat exchanger design handbook**. New York: Marcell Dekker, 2000.

LAW, A .M. **Simulation modeling and analysis**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2007.

NEE, M. J. **Heat exchanger engineering techniques: process, air conditioning and electronic systems**: a treatise on heat exchanger installations that did not meet performance. New York: ASME Press, 2003.

STOECKER, W. F. **Design of thermal systems**. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1989.

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupos.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Introdução à Simulação Numérica**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99386

Professor: Flávia Zinani e Luiz Rocha

EMENTA

Lógica de programação. Equação geral de conservação de uma variável genérica escalar. Problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos. Conceitos de consistência, estabilidade, convergência e difusão numérica. Métodos de discretização das equações diferenciais em diferenças finitas. Aplicação das condições de contorno. Solução de sistemas de equações algébricas. Sistemas uni e bidimensionais, em regimes permanente e transiente. Solução de problemas convectivos-difusivos em campos de velocidade conhecidos.

OBJETIVOS

Introduzir conceitos básicos relacionados à Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD). Capacitar o aluno para o desenvolvimento de códigos de CFD. Capacitar o aluno para o uso adequado de códigos de CFD. Capacitar o aluno para a avaliação crítica de resultados gerados em CFD.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Lógica de programação. Programação estruturada. Sequência, seleção e repetição (laços).

Representação dos números no computador. Erros de truncamento e arredondamento.

Equação geral de conservação de uma variável genérica escalar. Problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos.

Métodos de discretização das equações diferenciais em diferenças finitas. Esquemas de diferenças adiantadas, atrasadas e centrais. Esquemas de discretização no tempo implícitos e explícitos. Condição de estabilidade e convergência.

Sistemas uni e bidimensionais, em regimes permanente e transiente.

Conceitos de consistência, estabilidade, convergência. Advecção e difusão, funções de interpolação. Difusão numérica.

Códigos livres e comerciais de Dinâmica dos Fluidos Computacional. Pós-processamento, métodos de solução e condições de contorno. Classificação de escoamentos. Transferência de calor.

Validação e verificação em Dinâmica dos Fluidos Computacional. Determinação da incerteza de resultados numéricos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CELIK, I. B. et al. Procedure for estimation and reporting of uncertainty due to discretization in CFD applications. **Journal of Fluids Engineering**, New York, v. 130, p. 078001-4, 2008.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. **Numerical methods for engineers**. 6th ed. Columbus: McGraw-Hill, 2009.

PATANKAR, S.V. **Numerical heat transfer and fluid flow**. New York: McGraw Hill, 1980.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ATKINSON, K. E. **An introduction to numerical analysis**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1989.

AYYUB, B. M.; McCUEN, R. H. **Numerical methods for engineers**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. **Métodos numéricos para engenharia**. 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

INCROPERA, F.; WITT, D. **Fundamentos da transferência de calor e massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MALISKA, C.R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. **Introduction to computational fluid dynamics**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1995.

AVALIAÇÃO

A avaliação será feita por meio de trabalhos individuais, em grupo e uma prova no final do curso.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Gestão ambiental da energia**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99387

Professor: Carlos Alberto Mendes Moraes

EMENTA

Energia e economia ambiental: economia e o mercado global de energia; regulamentações ambientais; mercado “verde” de energia; externalidades ambientais; economia da conservação de energia; tecnologia em desenvolvimento; futuro das energias sustentáveis.

OBJETIVOS

A disciplina tem como objetivo desenvolver no aluno a utilização de ferramentas ambientais como avaliação de aspectos e impactos ambientais associados a energia convencional, substituição por energia alternativas na indústria e sociedade em geral, utilizar ferramentas ambientais para avaliar impactos ambientais das diferentes formas de energia, analise econômica, e social das novas formas de energia.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Ecologia Industrial
- Produção mais limpa
- Simbiose Industrial
- Análise de fluxo de materiais e energia
- Indicadores de sustentabilidade ambiental, econômico e social.
- Estudos de caso, e projetos de implementação destas ferramentas.
- Resultados referentes a valorização de materiais excedentes como coprodutos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ASHBY, Michael F. **Materials and the environment**: eco-informed material choice. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2012.

FRANCHETTI, Matthew J. **A system approach solid waste**: analysis & minimization. EUA: McGraw Hill Companies, 2009.

MACKAY, David J. C. **Sustainable energy**: without the hot air. UIT Cambridge Ltda. 2009. Disponível em: <<http://www.inference.eng.cam.ac.uk/sustainable/book/tex/sewtha.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2017.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos**: coletânea de normas. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

BANAR, Mufide; COKAYGIL, Zerrin; OZKAN, Aysun. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. **Waste Management**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 54-62, 2009.

EKVALL, Tomas et al. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. **Waste Management**, Amsterdam, v. 27, n. 8, p. 989-996, 2007.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

MORAES, C. A. M. et al. Influência da segregação e caracterização no gerenciamento e valorização de resíduos sólidos industriais. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 63., 2008, Santos. **Anais...** Santos: Congresso Anual da ABM, 2008. v. 1, p. 1801-1809.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produto**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

WAGNER, Bernd; ENZLER, Stefan. **Material flow management**: improving cost efficiency and environmental performance. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005.

AVALIAÇÃO

- 1- análise crítica de trabalhos científicos e dissertações/teses
- 2 - trabalho final na forma de artigo, com foco no seu tema de mestrado, utilizando pelo menos uma ferramenta ambiental.
- Avaliação escrita, englobando todo o conteúdo da disciplina.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: **Energia Solar Térmica**

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108654

Professor: Mario Henrique Macagnan

EMENTA

Conceitos de radiação solar e disponibilidade. Transferência de calor em sistemas de energia solar. Radiação em meios opacos e transparentes. Absorção da radiação em coletores. Teoria dos coletores planos. Teoria dos coletores concentradores. Sistemas de aquecimento de água. Dimensionamento de sistemas solares térmicos. Processos industriais de aquecimento solar. Sistemas de potência com energia solar.

OBJETIVOS

O objetivo dessa disciplina é obter a formação necessária relacionada com o aproveitamento térmico da energia solar. Os objetivos específicos podem ser enumerados como:

- Aplicar os conceitos de transferência de calor por radiação e da geometria solar na caracterização do recurso solar;
- Estudar os diversos sistemas de aproveitamento térmico da energia solar (tipos de instalações de baixa, média e alta temperatura);
- Quantificar a produção de energia térmica produzida por esses sistemas e avaliar as metodologias existentes para estimar a área necessária de coletores solares.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 3rd ed. New York: John Wiley, 2006.

HULSTRON, R. L. **Solar resources**. Massachusetts: The MIT, 1989.

IQBAL, H. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic Press, 1983.

KALOGIROU, S. A. Solar thermal collectors and applications. **Progress in Energy and Combustion Science**, Amsterdam, v. 30, p. 231-295, 2004.

KALOGIROU, S. A.; KALOGIROU, S. **Solar energy engineering**: processes and systems. Burlington: Academic Press, 2009.

RABL, A. **Active solar collectors and their applications**. New York: Oxford University, 1985.

SHUKLA, R. et al. Recent advances in the solar water heating systems: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 19, p. 173-190, 2013.

AVALIAÇÃO

A avaliação será feita por meio de trabalhos individuais e em grupo.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Energia Solar Fotovoltaica

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 30 Carga horária prática: 15

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108653

Professor: João Batista Dias

EMENTA

Energia solar fotovoltaica: Problemas de energia e soluções fotovoltaicas, tecnologia e mercado fotovoltaico na atualidade em nível mundial e nacional, cenários futuros. Irradiação diária sobre superfícies. Instrumentos de solarimetria. Medição da irradiância solar. A célula e o módulo fotovoltaico: princípios básicos, características. Inversores: Características técnicas e modelos. Tipos de sistemas fotovoltaicos. Estocagem de energia. Aplicações. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

OBJETIVOS

1. Desenvolver a base teórica da energia solar fotovoltaica por meio de conceitos físicos fundamentais;
2. Promover a discussão, questionamento, investigação e interpretação da teoria por meio de demonstrações práticas.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE I: Introdução e Radiação Solar

- Problemas de energia e soluções fotovoltaicas, tecnologia e mercado fotovoltaico na atualidade a nível mundial e nacional, cenários futuros.
- Normatização da ANNEL.
- Irradiação diária sobre superfícies. Instrumentos de solarimetria. Medição da irradiância solar.

UNIDADE II: Fundamentos da Energia Solar Fotovoltaica

Princípios básicos

- O efeito fotovoltaico
- Fotogeração de corrente
- Célula solar
- Curva IV da célula e do módulo
- Circuito equivalente
- Influência da temperatura
- Intensidade de iluminação
- Módulos: Aspectos sobre a construção do módulo
- Associação de células e módulos série e paralelo

Perdas

- Por efeito da temperatura e da radiação
- Perdas óticas e por efeito joule
- Perdas por sombreamento

Equipamentos

- Baterias
- Controladores e reguladores de carga
- Inversores DC-AC para sistemas isolados
- Inversores DC-AC para conexão à rede
- Sistemas de proteção
- Unidades de aquisição de dados

UNIDADE III: Tipos de Sistemas e Aplicações fotovoltaicas

- Tipos de sistemas fotovoltaicos: Isolado, híbrido isolado, conectado à rede, híbrido conectado à rede, Centrais híbridas isoladas.
- Aplicações fotovoltaicas: telecomunicações, eletrificação rural, bombeamento de água, conexão à rede elétrica.

UNIDADE IV: Tipos de Sistemas e Aplicações fotovoltaicas

- Sistema de aquisição de dados.
- Calibração da célula de referência.
- Análise da performance energética de sistemas fotovoltaicos.
- Dimensionamento de sistemas conectados à rede.
- Programas para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 2nd ed. New York: John Wiley, 2006.

HULSTRON, R. L. **Solar resources**. Massachusetts: The MIT, 1989.

IQBAL, H. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic, 1983.

LORENZO, E. **Electricidad solar**: ingenieria de los sistemas fotovoltaicos. Sevilla: Progenza, 1994.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (Ed.). **Handbook of photovoltaic science and engineering**. Chichester: John Wiley, 2003.

MARKVART, T.; CASTAFIER, L. **Practical handbook of photovoltaics**: fundamentals and applications. New York: Elsevier, 2003.

RABL, A. **Active solar collectors and their applications**. New York: Oxford University, 1985.

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Disponível em: <http://www.sma-america.com/en_US.html>. Acesso em: 06 set. 2017.

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Disponível em: <<https://www.sma-france.com/fr/sma-solar-academy/apercu.html>>. Acesso em: 06 set. 2017.

WENHAM, Stuart R. et al. **Applied photovoltaics**. 2nd ed. USA: Copyrighted, 2007.

AVALIAÇÃO

A avaliação é composta de exercícios práticos e projetos realizados no laboratório e extraclasse. Todos os exercícios são apresentados oralmente e postados em *PDF* na respectiva pasta do aluno. A nota final será atribuída com base na média ponderada das apresentações e projetos realizados, conforme a equação abaixo: Os exercícios e/ou projetos não apresentados oralmente não farão parte da composição da média final.

Cálculo da Média Final

$$MF = \frac{4,0 * P1 + 6,0 * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ATP_i}{10}$$

onde,

P1 é a prova ou projeto, com peso 4,0.

ATP são exercícios práticos, com peso 6,0.

N é o número de exercícios desenvolvidos no período letivo.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Ebulição e condensação

Semestre: 2017/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108652

Professor: Jacqueline Biancon Copetti

EMENTA

Processos de mudança de fase: ebulição e condensação e aplicações.

Ebulição em vaso e em convecção forçada. Condensação sobre tubos e no interior de tubos.

Modelos. Evaporadores e condensadores. Ebulição e condensação em microescala.

Escoamentos multifásicos.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Introdução: Transferência de calor com mudança de fase, fenômenos de ebulição e condensação.
- Ebulição: Curva de ebulição, estabilidade e regimes de ebulição. Ebulição em vaso, nucleação e dinâmica de bolhas. Ebulição em espaços confinados. Modelos bifásicos.
- Ebulição em convecção forçada, regimes, modelos, ebulição subresfriada e saturada.
- Condensação: em gotas e em película sobre tubos horizontais e verticais e no interior de tubos. Condensação em presença de gases não condensáveis. Modelos.
- Evaporadores e condensadores e aplicações industriais.
- Ebulição e condensação em micro escala.
- Escoamentos multifásicos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CAREY, V. P. **Liquid-vapor phase-change phenomena**: an introduction to the thermophysics of vaporization and condensation processes in heat transfer equipment. 2nd ed. New York: Taylor & Francis, 2008.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A.J. **Transferência de calor e massa**: uma abordagem prática. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2011.

COLLIER, J. G. **Convective boiling and condensation**. USA: McGraw-Hill, 1994.

INCROPERA, F.; WITT, D. **Fundamentos da transferência de calor e massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

KAKAÇ, S. **Boiler, evaporators and condensers**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1991.

KANDLIKAR, S. G. et al. **Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels**. [S.l.]: Elsevier, 2007.

KANDLIKAR, S. G.; SHOJI, M.; DHIR, V. **Handbook of phase change: boiling and condensation**. Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.

RODRIGUEZ, O. M. H., **Escoamento multifásico**. [S.l.]: ABCM, 2011.

ROHSENOW, W. M.; HARTNETT, J.; CHO, Y. **Handbook of heat transfer**. USA: McGraw Hill, 1998.

WHALLEY, P. B. **Two-phase flow and heat transfer**. Oxford: Oxford University Press, 1996.

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupos, prova individual ao final.