



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Mecânica



PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC N^o 544, de 16 de junho de 2020, e à Resolução Normativa N^o 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020.

EMC 5430 – Introdução à Energia Solar

1) Identificação

Carga horária: 72 horas-aula, das quais: Teóricas: 72horas-aula.

Turma(s): 10203

Nomedo professor: Sergio Colle

sergio.colle@ufsc.br

Período: 1^o semestre de 2020

2) Cursos

203 Engenharia Mecânica

3) Requisitos

Engenharia Mecânica (203):

- EMC 5417

4) Ementa

Radiação solar. Espectro de emissão do sol. Geometria de superfícies inclinadas na superfície terrestre. Ângulos importantes. Irradiação direta sobre superfícies horizontais e inclinadas. Projeção de sombra. Irradiação global e difusa. Totais horário, diário e mensal. Instrumentos de solarimetria e escala radiométrica internacional.

Irradiação total em superfícies inclinadas. Correlações usuais. Tópicos especiais de transferência de calor por convecção e irradiação em coletores solares. Materiais opacos e coberturas de vidro. Propriedades óticas de superfícies coletoras solares planas. Teste de coletores e eficiência. Simulação de sistema de aquecimento de água doméstico. Métodos f-chart. Análise econômica de sistemas de aquecimento solar. Método P1 – P2. Incerteza e risco na análise econômica.

5) Objetivos

Geral:

Capacitar o aluno para conhecer e aplicar a teoria inerente a energia solar para aplicações térmicas, com ênfase em sistemas de aquecimento de baixa temperatura para aplicações domésticas.

Específicos:

1. Capacitar o aluno para compreender a teoria inerente a isolação de superfícies orientadas na superfície terrestre, à luz de informações de astronomia básica.
2. Capacitar aluno para modelar coletores solares térmicos planos, analisar fatores de eficiência e integração de coletores a sistemas de aquecimento solar domésticos.
3. Capacitar o aluno para determinar fatores de eficiência médios em aplicações de média temperatura para sistemas de aquecimento doméstico e de produção de calor em processos.
4. Capacitar o aluno a analisar fatores econômicos e otimizar sistemas de aquecimento com base na função-objetivo de custo do sistema na vida útil da instalação.

6) Conteúdo Programático

(4h) Geometria de superfícies inclinadas e ângulos importantes. Constante solar. Excentricidade da terra. Espectro de corpo negro. Temperatura de corpo negro do sol. Irradiação direta sobre superfícies inclinadas.

(12h) Radiação solar na atmosfera. Absortância, espalhamento e refletância. Radiação de céu claro e nublado. Componentes difusa, direta e radiação global. Totais horário, diário e mensal. Métodos estatísticos e físicos para determinação da irradiação global e difusa na superfície. Medição da irradiação solar. Escala radiométrica internacional.

(10h) Tópicos especiais de transferência de calor por convecção e radiação. Convecção entre placas paralelas. Propriedades radiativas de superfícies. Transmitância de coberturas de vidro. Superfícies seletivas. Produto transmitância – absortância.

(4h) Medição da radiação solar em bancada de laboratório e calibração de piranômetros e pirheliômetros contra padrão de referência BSRN.

4h) Coletores solares planos. Concepções. Perdas térmicas. Modelação matemática. Fator de remoção de calor. Temperatura de estagnação de um coletor. Eficiência e teste de coletores solares planos. Normas de teste.

(2h) Armazenamento da energia solar térmica. Modelação matemática e simulação de sistema de aquecimento de água. Estratificação no reservatório. Aquecimento indireto.

(6h) Fração média de ganho de energia solar. O método $f - chart$. Coletores para líquidos e ar.

(8h) Economia de energia solar. Parâmetros econômicos importantes. Valor presente e pagamento em série. Amortização de capital. Método LCS. Método P1 – P2. Análise de incerteza em relação aos parâmetros econômicos. Incerteza em relação aos dados de irradiação solar.

(6h) Utilizabilidade horária, diária e mensal. Método $f - \bar{\phi} - chart$. Otimização de parâmetros de projeto para sistemas orientados para processos térmicos.

(8h) Treinamento no software TRNSYS – simulação de um sistema de aquecimento solar para uso doméstico.

7) Metodologia

A disciplina será oferecida por meios síncronos e assíncronos. Aulas serão ministradas e gravadas de forma síncronas nas terças e quintas feiras, entre 14h20min e 16h00min, posteriormente serão disponibilizadas no YouTube aos alunos matriculadas na disciplina. Os alunos receberão pela plataforma MOODLE os links para essas aulas ao longo do curso. As aulas síncronas terão por objetivo apresentar os conceitos teóricos listados na ementa da disciplina.

Eventuais dúvidas dos alunos com relação ao conteúdo poderão ser sanadas diretamente com o professor, imediatamente antes das aulas, nas terças feiras, entre 13h50min e 14h20min.

8) Avaliação

Ocorrerá através de 4 (quatro) avaliações, a saber: 2 avaliações síncronas (P1 e P2), 1 avaliação oral (AO) e a entrega de listas de exercícios (L). A média final (MF) será calculada da seguinte forma:

$$MF = ((P1 \times 4 + P2 \times 4 + L \times 2) / 10) \times (AO)$$

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja: $NF = (MF + REC) / 2$.

Notas de esclarecimento:

- Os alunos que demonstrarem assiduidade nas aulas terão atitude complacente do professor no quesito do arredondamento das notas.
- Avaliação oral: alunos serão escolhidos aleatoriamente para inquirição a respeito de toda a matéria lecionada, e dos exercícios entregues durante o semestre. Se o aluno não mostrar conhecimento sobre o que diz ter feito por ele próprio, suas notas serão anuladas, e ele será reprovado.
- Espera-se que o aluno trabalhe individualmente na solução dos problemas da avaliação, com a consulta livre ao material do MOODLE.
- Para ser aprovado, além do requisito da nota, o aluno deverá ter frequência igual a superior a 75%, que será aferida pela participação nas atividades síncronas.

9) Cronograma

1. As aulas síncronas serão realizadas nas terças e quintas feiras, entre 14h20min e 16h00min
2. Avaliação de recuperação para os que não atingirem o quesito mínimo da aprovação.
3. As quatro (4) avaliações online serão agendadas com a turma, sendo realizadas em horário de aula. As avaliações serão online e sem supervisão. As questões estarão disponíveis às 14h12 e as respostas, na forma de um texto escaneado, ou fotografado, deverão ser entregues no MOODLE (por *upload*) até às 16h00.

4. As avaliações baseadas em ferramentas assíncronas ocorrerão através de listas de exercício, postadas no MOODLE, realizadas pelo alunos, com o tema selecionado pelo professor.

10) Bibliografia Básica

1. Colle, S. **Notas complementares da teoria básica**, LEPTEN, 2018.

Notas de esclarecimento:

- Os slides serão disponibilizados no ambiente MOODLE da disciplina, bem como os links de acesso para as videoaulas no YOUTUBE.
- Solicita-se que os vídeos não sejam enviados para outras pessoas, diferentes daquelas matriculadas nessa disciplina e turma, com o risco de ferir direitos autorais.

11) Bibliografia Complementar

1. Beckman, W. A. and Duffie, J. A., **Solar Engineering of Thermal Processes** (livrotexto), John Wiley, 2nd edition, 1991.
2. Iqbal, M., **An Introduction to Solar Radiation**, Academic Press, Toronto, 1983.
3. Colle, S. **Notas complementares da teoria básica**, LEPTEN, 2018.
4. Colle, S. e Pereira, E. B., **Atlas de Irradiação Solar do Brasil - SWERA**, 1998.
5. Pereira, E. B., et alli, **Atlas e base de dados de radiação solar do Brasil - SWERA**, 2017.
6. Fröhlich, C. and London, J. (Editors), **Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements**, WCRP Publication Series No. 7, WMO / TD – No. 149, October, 1986.
7. McArthur, L. J. B., **BSRN - Baseline Surface Radiation Network Operations Manual - Version 1.0**, World Climate Research Programme – WMO / TD No. 879, May, 2000.
8. Klein, S. A. and Alvarado, F. L., **EES - Engineering Equation Solver (for the Microsoft Windows Operating System)**, F-Chart Software, Middleton, WI, 2000.
9. Klein, S. A. and Beckman, W. A., **F-CHART User's Manual (Windows Version)**, F-Chart Software, 2000.
10. Klein, S. A., et. all., **TRNSYS – A Transient System Simulation Program (Windows Version)**, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, 1996.
11. Artigos selecionados para análise e apresentação, como trabalho fora do horário de aula.