



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

***PROJETO PEDAGÓGICO DO MÓDULO DE
ENERGIA E MEIO AMBIENTE***

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Grupo de Professores do PME

São Paulo, maio de 2017

1. Resumo Executivo

Título do módulo: Especialização em Energia e Meio Ambiente

Sigla do módulo: EnMA

Departamento responsável: Departamento de Engenharia Mecânica – PME

Habilitação(ões) ou ênfase(s) que abriga(m) o módulo: Engenharia Mecânica

Número total de vagas: 50 vagas

- Do total de 50 vagas, ficam disponibilizadas, no mínimo, 5 vagas para alunos de outras habilitações, caso haja interesse;
- Número mínimo de alunos para viabilizar o módulo: 15

Periodicidade de ingresso: semestral

Duração: mínimo 2 semestres / máximo 4 semestres

2. Objetivo do módulo

Tão importante quanto a produção de energia é o seu uso eficiente e seu impacto no meio ambiente. O módulo de Energia e Meio Ambiente oferece cursos que abordam desde as fontes de energia, renováveis ou não, passando pelos fundamentos e tecnologias associados à conversão de energia e à refrigeração, terminando no seu uso na indústria e comércio, com foco no ser humano.

O módulo tem por objetivo formar engenheiros aptos a propor, projetar e analisar sistemas de conversão de energia e refrigeração sem perder de vista a viabilidade econômica e as necessidades humanas.

3. Perfil dos egressos (conhecimentos, habilidades e atitudes)

O módulo de Energia e Meio Ambiente será oferecido para complementar a formação dos alunos que pretendem atuar nessa área. O bloco visa fornecer ferramentas e conhecimentos complementares para a atuação na área de energia e meio ambiente. O optante deste módulo terá as seguintes formações para atuar na área de Energia e Meio Ambiente.

- 1- Ciências naturais (ciências térmicas)
- 2- Experimentos
- 3- Identificação de problemas e formulação de soluções (modelagem e simulação)
- 4- Projeto (*Design*)
- 5- Operação e manutenção
- 6- Perspectivas históricas e questões contemporâneas (Sustentabilidade e Globalização)
- 7- Aprendizagem contínua
- 8- Responsabilidade profissional e ética

4. Competências prévias desejadas (perfil do aluno do módulo)

Os conhecimentos prévios desejados para os alunos do módulo são: Conhecimentos de Cálculo, Física Fundamental, Termodinâmica, Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos. A maioria dos alunos da Escola Politécnica chega ao 5º ano já com essa formação nos seus cursos de origem. Porém, para os alunos que não tenham esta formação e que tem interesse em realizar o módulo, recomenda-se fortemente que escolham como optativas livres as disciplinas indicadas acima para viabilizar a realização do módulo.

5. Condições para o ingresso e processo seletivo

As condições para o ingresso (habilitação ao Módulo) são as mesmas estabelecidas pela Comissão de Graduação.

O processo seletivo será aplicado apenas no caso de haver um número de candidatos superior ao número de vagas, na respectiva categoria, ou seja:

- Para alunos fora da habilitação em Engenharia Mecânica: o processo seletivo só será aplicado se houver mais de 5 candidatos, ficando asseguradas, no mínimo, 5 vagas para alunos de outras habilitações que não a Engenharia Mecânica;
- Para alunos da habilitação em Engenharia Mecânica: o processo seletivo só será aplicado se houver um número de candidatos superior a $(50 - \text{Next})$, onde Next corresponde ao número final de vagas destinadas a alunos de outras habilitações (sendo $0 \leq \text{Next} \leq 5$).

A seleção, nos dois casos, será feita segundo os critérios estabelecidos pela Comissão de Graduação da Escola Politécnica ou, na ausência de um critério único estabelecido pela CG, a seleção será feita pela média ponderada do aluno sem considerar as reprovações.

6. Estrutura curricular

O Módulo EnMa é formado por 11 disciplinas totalizando 34 créditos-aula e 8 créditos-trabalho (42 créditos e 750 horas no total). Porém, para completar o módulo, bastam 24 créditos considerando quaisquer disciplinas escolhidas. A estrutura curricular do módulo é apresentada na tabela seguinte.

Disciplinas Obrigatórias		Créditos			Carga Horária
		Aula	Trab.	Tot.	
9º sem.					
PME 3501	Simulação Termo-energética de Edificações e Seus Sistemas	2	4	6	150
PME 3510	Geradores e Turbinas a Vapor	4	0	4	60
PME 3511	Processos e Sistemas de Combustão	4	0	4	60
PME 3513	Refrigeração Industrial e Comercial	2	0	2	30
PME 3514	Conforto Térmico	2	0	2	30
PME 3517	Geração Termelétrica e Cogeração	4	0	4	60
PME 3571	Escoamentos Multifásicos em Dutos de Petróleo e Gás	4	0	4	60
10º sem.					
PME 3502	Desempenho Termo Energético de Edificações	2	4	6	150
PME 3512	Otimização de Sistemas de Conversão de Energia	2	0	2	30
PME 3515	Ar-Condicionado e Ventilação	4	0	4	60
PME 3519	Fontes, Conversão e Conservação de Energia	4	0	4	60

7. Corpo docente

Alberto Hernandez Neto (PME)

Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1993), doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1998) e livre docência em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é professor associado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no Departamento de Engenharia Mecânica. Atua na área de climatização e refrigeração com ênfase em eficiência energética, modelagem e simulação de sistemas de refrigeração e ar condicionado. Membro da ABCM (Associação Brasileira das Ciências Mecânicas) e da ANPRAC (Associação Nacional de Profissionais de Refrigeração, Ar Condicionado e Ventilação).

Antonio Luis de Campos Mariani (PME)

Possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade de São Paulo (1986), graduação em Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo (1989), graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1987), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2000). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Mecânica, atuando principalmente nos seguintes temas: ar condicionado, medição de vazão, ventilação e aerodinâmica, com foco experimental. É membro da ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, fundador do Chapter Brasil, e Presidente deste no período 2006-2008. É Coordenador do Programa Poli-Cidadã, que motiva ações e projetos de responsabilidade social na Escola Politécnica da USP e também através de seus parceiros.

Arlindo Tribess (PME)

Engenheiro Mecânico (1981) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Mestre em Engenharia (1986) pela UFSC, Doutor em Engenharia (1995) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) e Livre Docente (2008) pela EPUSP. Docente do Departamento de Engenharia Mecânica da EPUSP desde 1988. Atua na área de Engenharia Térmica, especialidade Refrigeração, Ar Condicionado e Conforto Térmico, com ênfase em Controle Ambiental, principalmente nos seguintes temas: conforto térmico e qualidade do ar em ambientes de edificações e de veículos automotivos.

Eitaro Yamane (PME)

Possui graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1961) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1970). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Termodinâmica e Transferência de Calor, atuando principalmente nos seguintes temas: transferência de calor, termodinâmica, sistemas de conversão de energia e máquinas térmicas. Professor Titular do Depto. de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, por concurso realizado em 1981.

Flávio Augusto Sanzovo Fiorelli (PME)

Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia Mecânica e Livre-Docente em Termodinâmica e Transferência de Calor pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atua nas seguintes áreas: Refrigeração e Ar Condicionado; Análise Experimental, Modelagem e Simulação de Sistemas Térmicos; Análise Termoeconômica; Avaliação de Consumo e Eficiência Energética de Edificações Climatizadas.

Guenther Carlos Krieger Filho (PME)

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Fluminense (1987), mestrado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1991) e doutorado em Engenharia Mecânica - Technische Universitaet Darmstadt (1997). Atualmente é professor associado - MS-5 - da Universidade de São Paulo. Membro do Laboratório de Engenharia Térmica e Ambiental (LETE). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Combustão, atuando principalmente nos seguintes temas: combustão, dinâmica dos fluidos computacional, chamas de difusão, turbulência e poluentes em combustão.

Jorge Luis Baliño (PME)

Jorge Luis Baliño was born in Buenos Aires, Argentina. He graduated in Nuclear Engineering (1983) and made a PhD in Nuclear Engineering (1991) at Instituto Balseiro, Argentina. He worked for Techint S.A. (1983-1984), Centro Atômico Bariloche and Instituto Balseiro (1985-2000) in Argentina, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (2001-2003) at São Paulo, Brazil. Since 2004 he is Professor at Universidade de São Paulo. His research interests are Fluid Dynamics, Heat Transfer and Multiphase Flow.

Jurandir Itizo Yanagihara (PME)

Professor Titular em Engenharia Mecânica (2006) e Livre-Docente em Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa (1996) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), Doutor em Engenharia (1990) e Mestre em Engenharia (1987) pela Yokohama National University e Engenheiro Mecânico (1984) pela EPUSP. Coordenador do Laboratório de Engenharia Térmica e Ambiental (LETE) e do Centro de Engenharia de Conforto (CEC) da EPUSP. Foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (1999-2002 e 2008-2011) e Chefe do Departamento de Engenharia Mecânica (PME) (2011-2015) da EPUSP. Desenvolve pesquisas nas áreas de engenharia térmica, otimização de sistemas térmicos, instrumentação e bioengenharia, com financiamento de órgãos de fomento e de empresas. Formou 14 doutores e 20 mestres, publicou mais de 150 trabalhos técnicos e científicos e tem 3 patentes. Atualmente coordena projetos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico nos seguintes temas: conforto e design de cabines de aeronaves, processamento primário de petróleo e gás, liquefação de gás natural, trocadores de calor compactos de alta eficiência, modelagem dos sistemas térmico e respiratório do corpo humano. Coordenou projetos de pesquisa em parceria com importantes empresas tais como Embraer, Boeing, BG Group, Petrobras, Prysmian, Multibras (Whirlpool), totalizando mais de U\$ 14 milhões.

Maurício Silva Ferreira (PME)

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1995), com mestrado (1997) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2001). Vem participando de projetos de pesquisas e desenvolvimento em Engenharia Biomecânica e Térmica junto a empresas e instituições de ensino. Suas principais áreas de atuação são: termodinâmica e transferência de calor com ênfase em biotransporte.

Silvio de Oliveira Júnior (PME)

Silvio de Oliveira Júnior é livre docente em máquinas e sistemas térmicos pela Escola Politécnica da USP (2009). Concluiu o doutorado em engenharia de processos - Ecole Nationale Supérieure des Industries Chimiques (Nancy - França) em 1991. Foi pesquisador do agrupamento de engenharia térmica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de 1981 a 2001. Atualmente, é Prof. Associado 3 da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em tempo integral e membro do Laboratório de Engenharia Térmica e Ambiental do Departamento de Engenharia Mecânica. Publicou 50 artigos em periódicos especializados e 127 trabalhos em anais de eventos. Possui 1 livro e 2 capítulos de livros publicados. Orientou 9 teses de doutorado (uma co-orientação), 18 dissertações de mestrado nas áreas de Engenharia Mecânica, Energia e Engenharia Automotiva, e 71 trabalhos de graduação em engenharia. Recebeu 4 prêmios e/ou homenagem. Foi membro do Comitê de Ciências Térmicas da ABCM (2006-2010). Atua na área de engenharia mecânica, com ênfase em termodinâmica. Em suas atividades profissionais interagiu com 58 colaboradores em co-autorias de trabalhos científicos. Em seu Currículo Lattes os termos mais frequentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: exergia, cogeração, cogeneration system, exergy analysis, thermoeconomy, impacto ambiental, análise exérgica, termodinâmica, termoeconomia, ciclo combinado, centrais termelétricas e conversão de energia.

8. Estrutura acadêmico-administrativa de gestão

Coordenação:

Maurício Silva Ferreira (PME)

9. Anexo F

PME 3501 – Simulação termo energética de edificações e seus sistemas

Objetivos

Apresentar conceitos fundamentais da simulação termo energética de edificações e seus sistemas. Caracterizar os principais modelos e técnicas de modelagem termo energética de edificações e seus sistemas. Apresentar ferramentas de simulação e suas principais aplicações para simulação termo energética de edificações e seus sistemas.

Programa

1. Apresentação dos conceitos de modelagem e simulação de edificações e seus sistemas
2. Caracterização de dados climáticos para simulação
3. Análise da envoltória da edificação
4. Caracterização do perfil de ocupação do usuário na edificação para simulação
5. Caracterização de sistemas de iluminação para simulação
6. Caracterização de sistemas de climatização, ventilação e aquecimento para simulação
7. Caracterização de equipamentos e cargas especiais para simulação
8. Análise da simulação de desempenho energético de edificações e seus sistemas:
 - Avaliação de resultados de simulação
 - Calibração do modelo

Bibliografia

1. Clarke, J. A. 2001. **Energy Simulation in Building Design**. Butterworth-Heinemann, 2ª edição, 373 págs.
2. Malkawi, A. L. & Augenbroe, G. (editores). 2004. **Advanced Building Simulation**. Spon Press, 267 págs.
3. Waltz, J. P. 2000. **Computerized Building Energy Simulation Handbook**. The Fairmont Press, 380 págs.
4. Hansen, J. L. M.; Lamberts, R. 2011. **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Elsevier Press, 392 páginas.

PME 3517 – Geração Termelétrica e Cogeração

Objetivos

Apresentar os fundamentos e aplicações de sistemas de geração termelétrica e cogeração.

Programa

Conversão termomecânica de energia. Combustíveis. Sistemas de geração termelétrica. Cogeração. Estudo de casos

Bibliografia

1. Balestiere, J. A. P., 2002, Cogeração: Geração Combinada de Eletricidade e Calor, Ed. da UFSC, Florianópolis.
2. Lizarraga, J. M. S., 1999, Cogeneration, 3ª ed., Servicio Ed. Universidad del Pais Vasco, Bilbao.
3. Horlock, J. H., 1997, Cogeneration: Combined Heat and Power. Thermodynamic and Economics, Krieger Publishing Co., Florida.
4. Combined heat and power resource guide. Oak Ridge National Laboratory, 2003.

5. Gas fired distributed energy resource. Technology characterizations. NREL, 2003.
6. Bathie, W. W., 1996, Fundamentals of Gas Turbines, John Wiley & Sons Inc., 2nd edition, N. Y.
7. Black & Veatch, 1996, Power Plant Engineering, Chapman & Hall, N. Y.
8. El-Wakil, M. M., 1984, Power Technology, McGraw Hill International, N. Y.

PME3511 - Processos e Sistemas de Combustão

Objetivos

Desenvolver os conceitos básicos da análise de processos de combustão, de forma a habilitar o aluno a atuar em áreas de engenharia térmica e energia.

Programa

Introdução. Aspectos físicos e químicos da combustão. Fundamentos da cinética química aplicada. Mecanismos de transporte moleculares. Chamas de difusão e pré - misturadas. Ignição e Extinção em chamas laminares. Limites de inflamabilidade. Chamas difusivas e pré-misturadas turbulentas. Combustão de gases, líquidos e sólidos. Produtos de combustão, formação de poluentes em processos de combustão e seu controle. Tecnologia de combustão: queimadores, câmaras de combustão, fornos e gaseificadores. Sistemas de pós-tratamento de poluentes.

Bibliografia

1. Turns, S. R., 1996, An Introduction to Combustion, McGraw-Hill.
2. Willians, F. A., 1985, Combustion Theory, B. Cummings Pub.
3. Kuo, K. K., 1986, Principles of Combustion, John Wiley & Sons, Inc.
4. Warnatz, J. et al., 2001, Combustion, Springer - Verlag.

PME3513 - Refrigeração Industrial e Comercial

Objetivos

Apresentar aos alunos os principais sistemas de refrigeração comercial e industrial e seu dimensionamento.

Programa

1. Introdução: história da refrigeração; aplicações de refrigeração comercial e industrial.
2. Revisão de termodinâmica e transferência de calor. Ciclos de refrigeração: ciclo por compressão de vapor; modificações no ciclo convencional. Ciclo por absorção e outros ciclos de refrigeração.
3. Cálculo de carga térmica de refrigeração.
4. Análise dos componentes do sistema: evaporadores; compressores; condensadores e unidades condensadoras; dispositivos de expansão; fluidos refrigerantes; outros componentes do sistema.
5. Noções de boas práticas de projeto, manutenção e segurança.

Bibliografia

1. Stoecker, W.F.; Jabardo, J.M.S. "Refrigeração Industrial", 2a. ed., Edgar Blücher, 2002.
2. Dossat, R.J.; Horan, T.J. "Principles of Refrigeration", 5a. ed., Prentice Hall, 2001.
3. ASHRAE Handbook of Refrigeration.
4. Stoecker, W.F.; Jones, J.W. "Refrigeração e Ar Condicionado", McGraw-Hill, 1985.
5. Notas de aula.
6. Software EES (*Engineering Equation Solver*)

PME 3517 – Geração Termelétrica e Cogeração

Objetivos

Apresentar os fundamentos e aplicações de sistemas de geração termelétrica e cogeração

Programa

Conversão termomecânica de energia. Combustíveis. Sistemas de geração termelétrica. Cogeração. Estudo de casos

Bibliografia

1. Balestiere, J. A. P., 2002, *Cogeração: Geração Combinada de Eletricidade e Calor*, Ed. da UFSC, Florianópolis.
2. Lizarraga, J. M. S., 1999, *Cogeneration*, 3ª ed., Servicio Ed. Universidad del Pais Vasco, Bilbao.
3. Horlock, J. H., 1997, *Cogeneration: Combined Heat and Power. Thermodynamic and Economics*, Krieger Publishing Co., Florida.
4. *Combined heat and power resource guide*. Oak Ridge National Laboratory, 2003.
5. *Gas fired distributed energy resource. Technology characterizations*. NREL, 2003.
6. Bathie, W. W., 1996, *Fundamentals of Gas Turbines*, John Wiley & Sons Inc., 2nd edition, N. Y.
7. Black & Veatch, 1996, *Power Plant Engineering*, Chapman & Hall, N. Y.
8. El-Wakil, M. M., 1984, *Power Technology*, McGraw Hill International, N. Y.

PME3571 – Escoamentos multifásicos em dutos de petróleo e gás

Objetivos

Apresentar conceitos fundamentais para transporte de óleo e gás em poços, tubulações e *risers*. Desenvolver as equações fundamentais e metodologias de cálculo para escoamento multifásico unidimensional. Mostrar aplicações à tecnologia de petróleo: curvas de gradiente de pressão, métodos artificiais de elevação, fenômenos em estado permanente e transiente, garantia do escoamento (*flow assurance*), intermitência severa (*severe slugging*).

Programa

1. Escoamento uni-dimensional multifásico. Padrões de escoamento (*flow patterns*) em dutos de inclinação variável. Variáveis em escoamentos multifásicos: fração de vazio (*void fraction*) e *holdup*, título mássico (*mass quality*), fluxo mássico, velocidades médias das fases, título volumétrico (*volumetric quality*), velocidades superficiais das fases, razão de escorregamento (*slip*), velocidades relativas entre as fases, velocidades de deriva das fases (*drift velocity*). Mapas de padrões de escoamento (*flow pattern maps*).
2. O sistema de produção de petróleo. Índice de Produtividade. Vaporização e diagrama de fases do petróleo. Fluidos no reservatório e na superfície: razão de vazões de gás e óleo, razão de vazões de água e óleo, razão de vazões de água mais sedimentos e líquido mais sedimentos. Processo de liberação de gás de uma mistura. Propriedades PVT. Modelo de *black oil*. Fatores volume de formação. Razão de solubilidade. Modelo composicional. Tipos de reservatórios: de óleo subsaturado, de gás, de duas fases, de gás retrógrado. Configurações de escoamento na coluna de elevação. Dificuldades conceptuais na modelagem do escoamento.
3. Equações de conservação para escoamento multifásico unidimensional. Modelos de escoamentos multifásicos. Modelo homogêneo. Multiplicador de duas fases. Modelo de deriva (*drift flux model*). Regiões de operação. Correção por distribuição na área de passagem (efeito dos perfis).
4. Escoamento através de restrições: modelo *frozen*, modelo de equilíbrio termodinâmico.
5. Curvas de gradiente de pressão (*pressure gradient curves*). Produção do poço: curvas IPR (*inflow performance relationship*) e VLP (*vertical lift performance*). Elevação por gás (*gas lift*). Gradiente natural versus gradiente artificial. Pressão de injeção. Gases reais e fator de compressibilidade. Potência de compressão. Produção máxima com *gas lift*. Curvas de desempenho de *gas lift*.

6. Garantia do escoamento. Deposição de parafinas e hidratos, métodos de inibição.
7. Intermitência severa: fenômeno e mecanismos, critérios de estabilidade, métodos de mitigação.

Bibliografia

1. One-dimensional two-phase flow, G. B. Wallis, Mc Graw-Hill, 1969.
2. Mechanistic modeling of gas-liquid two-phase flow in pipes, O. Shoham, Society of Petroleum Engineers, 2006.
3. The flow of complex mixtures in pipes, G. W. Govier, K. Aziz, Society of Petroleum Engineers, 2008.
4. Petroleum production systems, M. J. Economides, A. D. Hill, C. E. Economides, Prentice Hall, 1994.
5. Fundamentos da Engenharia de Petróleo, J. E. Thomas (organizador). Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2001.
6. The properties of petroleum fluids, W. D. McCain, Jr., PennWell Books, 1990.

PME3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações

Objetivos

Apresentar conceitos fundamentais da avaliação do desempenho termo energético de edificações. Caracterizar indicadores para avaliação do desempenho termo energético de edificações. Apresentar ações para redução de consumo de energia em edificações e metodologias para mensuração do impacto destas ações.

Programa

1. Caracterização da edificação e seus sistemas principais: envoltória, iluminação, elevadores, climatização, etc.
2. Conceitos principais de desempenho termo-energético de uma edificação e seus principais indicadores.
3. Caracterização do desempenho termo-energético de uma edificação.
4. Conceitos de projeto integrado e qualidade ambiental interna.
5. Análise de estratégias para redução de consumo de energia em uma edificação.
6. Diagnóstico energético de edificações existentes
7. Impacto da interação do usuário no desempenho termo-energético da edificação
8. Uso de ferramentas de simulação na avaliação do desempenho termo-energético de edificações
9. Introdução de análise financeira para avaliação de estratégias para redução de consumo de energia em uma edificação.

Bibliografia

1. ASHRAE Green Guide – The Design , Construction and Operation of Sustainable Buildings, ASHRAE. Editora Elsevier. 2003.
2. Fundamentos de Projeto de Edificações sustentáveis, Keeler, M. e Burke, B. Editora Bookman. Porto Alegre. 2009.
3. The Environmental Performance of Tall Buildings, Gonçalves, J. C. S. e Umakoshi, E. M. Editora Eartscan. Londres. 2010.
4. Edifício Ambiental, Gonçalves, J. C. S. e Bode, K (org.). Editora Oficina dos Textos, 2015.

PME3512 – Otimização de Sistemas de Conversão de Energia

Objetivos

Apresentar as técnicas de otimização de sistemas de conversão de energia.

Programa

1. Elementos de matemática aplicada;
2. Modelagem de trocadores de calor e massa;

3. Modelagem de turbomáquinas – Modelagem de tubulação e componentes hidráulicos;
4. Simulação de sistemas e componentes: Introdução à simulação de estática e dinâmica – Exemplos de aplicação.
5. Otimização: - Introdução à otimização – Técnicas de otimização: Multiplicadores de Lagrange, Métodos de busca,
6. Programação Geométrica, Programação dinâmica, programação linear. – Exemplos de aplicação.

Bibliografia

1. Stoeker, W. F. Design of Thermal Systems, McGraw-Hill, N.Y., 1989;
2. Jaluria, Y. Design and optimization of Thermal Systems, CRC Press, 2007;
3. Boehm, R. F. Design analysis of Thermal Systems, John Wiley, 1987;
4. Raman, R. Chemical Process Computations, Elsevier Applied science Pub., Londres, 1985;
5. Chapra, S. C.; Canale, R. P. Numerical Methods for Engineers, 6 th ed. McGraw-Hill, 2010.

PME3514 – Conforto Térmico

Objetivos

Apresentar aos alunos fundamentos básicos e técnicas metroológicas para a avaliação das condições de conforto e de estresse térmicos em ambientes interiores.

Programa

1. Conforto ambiental;
2. Conforto térmico humano - princípios fisiológicos: balanço térmico do corpo humano e condições de conforto;
3. Equação de conforto térmico;
4. Avaliação de conforto térmico;
5. Sensação de conforto e desconforto;
6. Avaliação de um ambiente térmico - ISO 7730, ASHRAE 55;
7. Estresse térmico - ISO 7243, ISO 7933;
8. Instrumentação e métodos para medição de quantidades físicas - ISO 7726;
9. Qualidade do ar;
10. Sistemas de ventilação e distribuição do ar;
11. Conforto térmico em veículos automotivos; Laboratório de conforto térmico e qualidade do ar.

Bibliografia

1. ABNT (2008) “Instalações centrais de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários”: Parte 1- Projeto das instalações, Parte 2 - Parâmetros de conforto térmico, Parte 3 - Qualidade do ar interior. NBR 16401. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
2. ASHRAE, (2013), “Handbook of Fundamentals”, American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers Inc., Atlanta.
3. ASHRAE (2013). “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”, ANSI/ASHRAE 55, American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers Inc.. Atlanta.
4. ASHRAE (2007). “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, ANSI/ASHRAE 62, American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers Inc., Atlanta
5. Fanger, P.O. “Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering”. New York, McGraw-Hill, 1972. 245p.
6. ISO (2005). “Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Criteria”. ISO 7730 . International Organization for Standardization, Geneva.
7. ISO (2004). “Ergonomics of the thermal environment – Evaluation of thermal environment in vehicle” – Part2: Determination of Equivalent Temperature. ISO 14505-2. International Organization for Standardization, Geneva.
8. ISO. (1985). “Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities”. ISO 7726. International Organization for Standardization. New York.

9. ISO. (1989) “ Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT - index (wet bulb globe temperature”, (ISO 7243). International Organization for Standardization. New York.
10. ISO. (1989). “Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate”, (ISO 7933). International Organization for Standardization. New York.

PME3515 – Ar Condicionado e Ventilação

Objetivos

Apresentar os conceitos relativos a sistemas de tratamento de ar, abordando as aplicações relativas a ar condicionado e ventilação.

Programa

1.Objetivos e aplicações do condicionamento de ar. 2. Carga térmica. 3.Tipos de sistemas de condicionamento de ar, características, classificação. 4. Redes de circulação e distribuição de ar e de água. Dimensionamento e definição de dutos, acessórios, interação com ventiladores e bombas. Efeito do Sistema. 5. Qualidade do ar interno, parâmetros de avaliação. Normas e legislações. 6. Processos e equipamentos de umidificação, desumidificação e filtragem. 7.Fundamentos e objetivos de instalações de ventilação. 8.Ventilação local, geral, diluidora e evaporativa (adiabática). 9.TAB - Teste, ajuste e balanceamento de sistemas de distribuição de ar. 10. Exemplos de instalações específicas de tratamento de ar e ventilação: áreas classificadas, hospitais, cozinhas, escadas de emergência. 11.Legislação ambiental vigente.

Bibliografia

1. Stoecker, W.F. e Jones, J.W.. Refrigeração e Ar Condicionado, McGraw-Hill, 1985.
2. ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Handbook of Fundamentals. Atlanta, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2013.
3. ASHRAE. Handbook of HVAC Systems and Equipment. Atlanta, 2000, 2004 e 2008.
4. ASHRAE. Handbook of HVAC Applications. Atlanta, 1999, 2003 e 2007.
5. Yamane, Eitaro. Tecnologia do Condicionamento de Ar. Ed. Blucher, 1986.
6. Macyntire, Archibald J.. Ventilação e Controle da Poluição. LTC, 1989
7. Alexandre, Celso S. Distribuição de ar. Nova Técnica Editorial, 2006.

PME3519 – Fontes, Conversão e Conservação de Energia

Objetivos

Apresentar as principais fontes e processos de conversão e conservação de energia.

Programa

Fontes renováveis e não renováveis de energia, sistemas de conversão de energia: introdução, novos sistemas, células de combustível, MHD & Solar, energia eólica. Conversão de combustível fóssil sólido em combustíveis gasosos e líquidos. Fenômenos Termelétricos. Eficiência e efetividade de processos. Otimização. Co-geração.

Bibliografia

1. Energy Storage in Electric Power Grids - Robyns B., François B., Delille G., Saudemont C., Wiley-ISTE, 2015;
2. Energy Storage: Fundamentals, Materials and Applications - second edition; Robyns B., François B., Delille G., Saudemont C.; Springer, 2014;
3. Energy Harvesting: Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems (Energy, Power Electronics, and Machines) - Khaligh A., Onar O.; CRC Press, 2010;
4. Handbook of Energy Harvesting Power Supplies and Applications - Peter Spies; CRC Press, 2013;
5. Kinetic Energy Storage – G Genta – Butterworths – 1985 - 362 paginas
6. Solar energy Storage – Bent Soresen – 2015 - Academic Press – 383 paginas

7. Armazenamento de Energia”, ISR – Dep. de Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Universidade de Coimbra.
8. Tecnologias de Armazenamento de Energia para Aplicações Elétricas”, J. I. San Martin et al, Revista Eletricidade Moderna, agosto de 2012. Yogi Goswami, Frank Kreith. Energy Conversion . CRC Press, 2007.
9. 2. Vanek, F., Albright, L. Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation, McGraw-Hill, 2016.
10. 3. Jain, P. Wind Energy Engineering, McGraw-Hill, 2010.
11. EASTOP, T. D. E CROFT, D. R., Energy Efficiency for Engineers and Technologists, Addison Wesley Longman Limited, England, 1996.
12. LOFTNESS, R.L. - Energy Handbook, Van Nostrand, 1978.
13. DUFFIE, J.A. e BECKMAN, W.A. - Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley, 1980.
14. TILLMAN, D.A. et all - Fuels and Energy from Renewable Resources, Academic Press, 1977.
15. ABELSON, P.H. Energy: Use, Conservation and Supply, AAAS, 1974.