



Disciplina: **PEN5002 - RECURSOS E OFERTA DE ENERGIA**

Professor: **Célio Bermann**

2º trimestre/2025

Número de créditos: 08 (oito)

Duração: 12 semanas

PROGRAMA

OBJETIVOS: Fornecer aos alunos um instrumental teórico-metodológico com respeito às principais fontes energéticas, nos aspectos de recursos, reservas, projeções, exploração, processamento, conversão, e disponibilização para a sociedade. Analisar metodologias de avaliação de alternativas de oferta energética sob o ponto de vista tecnológico, econômico e ambiental.

JUSTIFICATIVA: O atual contexto energético internacional, caracterizado por questões de ordem geopolítica e institucional, exige um permanente acompanhamento e reflexão acerca de questões como fluxos, preços, reservas, avanços tecnológicos, mercados e estratégias suprimento, bem como de questões referentes às principais restrições à oferta, sob o ponto de vista tecnológico, econômico-financeiro e ambiental.

CALENDÁRIO

1a. aula - 26/06: Reservas e Recursos Energéticos / Oferta Energética

- . formas e fontes de energia
- . definições e conceitos de reservas

2a. aula - 03/07: Oferta de Combustíveis e Eletricidade - panorama internacional e nacional

- . contexto internacional da oferta interna de energia: combustíveis e eletricidade
- . contexto nacional da oferta interna de energia: combustíveis e eletricidade
- . a disponibilidade energética na perspectiva histórica
- . aspectos geopolíticos da energia: fluxos, preços, reservas, mercados e estratégias de suprimento
- Resenha do artigo 2 da Bibliografia básica.

3a. aula - 10/07: Petróleo e Carvão Mineral

- . características físico-químicas; aspectos ambientais
- . exploração em campos terrestres e off-shore
- . o petróleo do pré-sal.
- . refino do petróleo: fracionamento, craqueamento e coqueamento
- . alternativas de combustão do carvão (direta, coqueificação, gaseificação, leito fluidizado)
- . Grupo de alunos: reservas estimadas (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 11 da Bibliografia básica.

4a. aula - 17/07: Gás Natural e Gás de Folhelho (Shale Gas)

- . características físico-químicas; aspectos ambientais
- . alternativas de transporte
- . técnicas de recuperação – fracionamento hidráulico (Fracking)
- . Grupo de alunos: reservas estimadas (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 5 da Bibliografia básica.

5a. aula - 24/07: Energia Eólica (Aula à distância, excepcionalmente)

- . aspectos tecnológicos e socioambientais
- . aplicações da energia eólica
- . Grupo de alunos: potenciais estimados/ usinas eólicas em operação (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 3 da Bibliografia básica.

6a. aula - 31/07: Biomassa (lenha, carvão vegetal, derivados da cana, óleos vegetais, biogás)

- . características físico-químicas; aspectos socioambientais
- . álcool etílico carburante – fermentação e etanol de 2ª geração
- . biodiesel – transesterificação e biodiesel de microalgas
- . produção de biogás em aterros de RSU
- . Grupo de alunos: reservas estimadas das biomassas (mundial, ALC e Brasil) / usinas de etanol e biodiesel em operação (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 10 da Bibliografia básica.

7a. aula - 07/08: Hidroeletricidade

- . aproveitamento do potencial hidráulico: aspectos tecnológicos e socioambientais
- . a questão da escala: grandes hidrelétricas, PCH's e MCH's
- . Grupo de alunos: potenciais hidrelétricos estimados/usinas hidrelétricas em operação (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 12 da Bibliografia básica.

8a. aula - 14/08: Energia Nuclear

- . etapas da produção do combustível nuclear
- . características dos reatores para geração elétrica
- . radiações ionizantes: aspectos sócio-ambientais
- . Grupo de alunos: reservas estimadas de urânio/plantas termonucleares em operação (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 8 da Bibliografia básica.

9a. aula - 21/08: Energia Solar Térmica e Fotovoltaica (RZ)

- . processos de conversão; aspectos tecnológicos
- . aspectos econômicos e ambientais
- . Grupo de alunos: usinas (térmicas e fotovoltaicas) em operação (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 13 da Bibliografia básica.

10a. aula - 28/08: Energias Maremotriz e das Ondas / Energia Geotérmica e do Hidrogênio (Célula combustível)

- . processos de conversão: aspectos tecnológicos
- . aspectos econômicos e ambientais
- . Grupo de alunos: usinas maremotrizes e das ondas em operação/potenciais (mundial, ALC e Brasil)
- . Grupo de alunos: usinas geotérmicas em operação/potenciais (mundial, ALC e Brasil)
aplicações de células combustível (mundial, ALC e Brasil)
- Resenha do artigo 4 da Bibliografia básica.

04/09: Não haverá aula (XII Enanppas)

11a. aula - 11/09: Prova

12a. aula - 18/09: Seminário de apresentação dos TFs

Avaliação

A avaliação tomará por base as seguintes atividades:

- Apresentação Grupo de alunos (E): 10%
- Resenhas (R): 20%
- Prova (P) 30%
- Trabalho final (TF): 40%

Nota Final: $\frac{E \times 1 + R \times 2 + P \times 3 + TF \times 4}{10}$ (transformada em conceito A; B; C; ou R)

Observações:

O Exercício de levantamento atualizado de dados a respeito de cada fonte energética a ser elaborado por um grupo de alunos deverá considerar, além das informações das fontes consultadas, também os aspectos dos fluxos, preços, mercados e estratégias de suprimento. O grupo fará uma apresentação do levantamento de dados realizado nos 15 minutos iniciais da segunda parte da aula (após o *break*). O grupo terá posteriormente o prazo de uma semana para disponibilizar sua apresentação com as eventuais alterações sugeridas pelo professor, para a classe. Este Exercício do grupo de alunos será obrigatório e fará parte da avaliação, com o peso conforme descrito na Avaliação.

A distribuição dos alunos para a elaboração deste Exercício será definida na 1ª aula. A bibliografia e a busca pelas fontes de dados será tarefa do grupo, com orientação do professor.

As Resenhas serão individuais e deverão ser enviadas por todos os alunos para o email cbermann@iee.usp.br até as 12 hs da data prevista para a aula sobre o assunto do artigo. Os artigos serão disponibilizados para a leitura e elaboração da resenha com uma semana de antecedência pela plataforma e-disciplinas da USP. As Resenhas deverão ser de 4-5 páginas contendo uma contextualização sumária do artigo; descrição sintética dos materiais e métodos utilizados, descrição sintética dos resultados, e comentários pessoais do artigo podendo relacioná-lo com o contexto do Brasil ou de outro país.

Por sua vez, os Trabalhos finais serão desenvolvidos em grupos de até 03 alunos. Para a constituição dos grupos, o principal critério será o da composição interdisciplinar, além do interesse comum pelo tema escolhido. O tema deverá ser definido pelo grupo até a data de 14/08, a partir de consulta prévia ao professor.

Bibliografia

Básica:

1- BROWN, G. C. & SKIPSEY, E. (ed.) **Energy Resources: geology, supply and demand**. Great Britain: Open University Press, 1986, 213 p.

2- DAVIS, M. et al. Assessment of renewable energy transition pathways for a fossil fuel-dependent electricity-producing jurisdiction. **Energy for Sustainable Development**, n. 59, 2020, pp. 243–261.

3- HANIFI, S.; LIU, X., LIN, Z. and LOTFIAN, S. A Critical Review of Wind Power Forecasting Methods - Past, Present and Future. **Energies** (2020), 24p., DOI: 10.3390/en13153764

- 4- FASIHI, M.; BREYER, C. Baseload electricity and hydrogen supply based on hybrid PV-wind power plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020, 31 p.
- 5- SAFARI A. DAS N.[...] ASSADI M. Natural gas: A transition fuel for sustainable energy system transformation? **Energy Science and Engineering** (2019), vol. 7, pp. 1075-1094, DOI: 10.1002/ese3.380
- 6- HINRICHS, R. A., KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Ed. Thomson, 2003, 543 p.
- 7- JOHANSSON, T. B. et al. (eds.) **Renewable Energy: sources for fuels and electricity**. Washington: Island Press, 1993, 1160 p.
- 8- KOSAI, S.; UNESAKI, H. Quantitative evaluation of security of nuclear energy supply: United States as a case study. **Energy Strategy Reviews**, v. 29, 2020, 8 p.
- 9- MOHADDES, K.; RAISSI, M. The US oil supply revolution and the global economy. **Empirical Economics**, n. 57, (2019), pp. 1515-1546.
- 10- DAIOGLOU, V. et al. Integrated assessment of biomass supply and demand in climate change mitigation scenarios. **Global Environmental Change**, v. 54, 2019, pp. 88-101.
- 11- HALTTUNEN, K., SLADE, R., STAFFELL, I. “We don't want to be the bad guys”: Oil industry's sensemaking of the sustainability transition paradox. **Energy Research & Social Science**, vol. 92, October 2022, 13 p.
- 12- SICILIANO, G. et al. Large dams, energy justice and the divergence between international, national and local developmental needs and priorities in the global South. **Energy Research & Social Science**, v. 41, 2019, pp. 199-209.
- 13- AWASTHI, A.; SHUKLA, A. K. [...] RICHHARIYA, G. Review on sun tracking technology in solar PV system. **Energy Reports**, 2020, pp. 392-405.
- 14- SEVÁ, O. Estranhas catedrais – notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. **Revista Ciência e Cultura**, 2008. São Paulo, v. 60, n. 3, p. 44-50.

Complementar:

- ALDABO, R. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber, 2002.
- ALIER, J. M. & SCHLÜPMANN, K. - **La ecología y la economía**. México (D.F): Fondo de Cultura Económica, 1993, 367 p.
- BALLONOFF, P. **Energy: Ending the Never-Ending Crisis**, 1997.
- BEUTEL, P. C. **Surviving Energy Prices**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 2005.
- BISIO, A. & BOOTS, S. (editors). **The Wiley Encyclopedia of Energy and the Environment**, 1996.
- BOYLE, G. **Renewable energy**. USA: Oxford University Press, 2004.
- CHAUVEL, A.; FOURNIER, G.; RAIMBAULT, C. **Manual of Process Economic Evaluation**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 2003.
- CRYSTAL, J. **Oil and Politics in the Gulf: Rulers Merchants in Kuwait and Qatar**. Cambridge Middle East Library, No. 24, 1995.
- DAHL, C. **International Energy Markets: Understanding Pricing, Policies**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 2004.
- EBENHACK, B. **A Nontechnical Guide to Energy Resources: Availability, Use, and Impact**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 1995.
- ECKSTEIN, R. **Nuclear Power and Social Power**, 1997.
- FIGUEROA DE LA VEGA, F. **Informe Ejecutivo: El Gas Natural en America Latina y el Caribe: perspectivas de los mercados y seguridad del suministro a largo plazo**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 2004.

- FONTENELLE, M.; AMENDOLA, C. M. **Licenciamento Ambiental do Petróleo e Gás Natural**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2003.
- GALPERIN, A. L. **Nuclear Energy-Nuclear Waste** (Earth at Risk), 1992.
- HALL, D. O. & OVEREND, R. P. **Biomass: Regenerable Energy**. Great Britain: John Wiley & Sons, 1987, 504 p.
- HAZEN, M. E. **Alternative Energy: An Introduction to Alternative & Renewable Energy Sources**, 1996.
- IEA-International Energy Agency. **Key World Energy Statistics**. Paris, vários anos.
- ISHIGURO, Y. **Energia nuclear para o Brasil**. São Paulo: Makron Books, 2001.
- JOHNSTON, D. **International Exploration Economics, Risk, and Contracts Analysis**. Pennwell Books , 2003.
- LeBEL, P. G. **Energy Economics and Technology**. Baltimore/London: The Johns Hopkins University Press, 1982, 551p.
- LUQUE, A. **Handbook of photovoltaic science and engineering**. Hoboken, NJ: John Wiley, 2003.
- McCULLY, P. **Silenced Rivers: the Ecology and Politics of Large Dams**. USA, NJ: Zed Books Ltd, 2001.
- MILLINGTON, A. & TOWNSHEND, J. **Biomass Assessment**. Great Britain: Earthscan, 1988, 224 p.
- MME-Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. Brasília: SEN/EPE, vários anos.
- NEHER, P.A. **Natural resource economics**. Great Britain: Cambridge University Press, 1990, 369 p.
- REIS, L. B. **Geração de energia elétrica - tecnologia, inserção, ambientação, planejamento, operação**. São Paulo: Manole, 2003.
- RIFKIN, J. **Economia do hidrogênio, a criação de uma nova fonte de energia**. SP: Makron Books, 2003.
- ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S. **Previsão de Comportamento de Reservatórios de Petróleo – Métodos Analíticos**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2002.
- SOUSSAN, J. **Primary resources and energy in the Third World**. United Kingdom: Routledge, 1988, 80 p.
- TAPP, B. A. & WATKINS, J. R. **Energy and mineral resource systems**. Great Britain: Cambridge University Press, 1990, 160 p.
- TATUM, J. S. **Energy Possibilities: Rethinking Alternatives and the Choice-Making Process**. Suny Series in Science, Technology and Society, 1995.
- TOLMASQUIM, M. T. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2004.
- TOLMASQUIM, M. T. **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. RJ: Relume-Dumara, 2004.
- TOLMASQUIM, M. T. (coord.). **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear**. Rio de Janeiro: EPE, 2016, 417 p.
- TOLMASQUIM, M. T. (coord.). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016, 452 p.
- VAITSMAN, M. **Petróleo no Império e na República**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2001.
- VASCONCELLOS, G. F. **Biomassa - a eterna energia do futuro**. São Paulo: Senac, 2002.
- WEC-World Energy Council. **Availability of thermal generating plant**. London: WEC, 1989.
- WEC-World Energy Council. **An analysis of recent trends in global oil substitution 1973-1988**. London: WEC, 1989.

WEC-World Energy Council. **Solar Power**. London: WEC, 1989.

WEC-World Energy Council. **Technology of biogas production and application in rural areas**. London: WEC, 1989.

WEREKO-BROBBY, C. Y. & HAGAN, E. B. **Biomass Conversion and Technology**. UNESCO Energy Engineering Series, 1996.

WRIGHT, C.; GALLUN, R. **International Petroleum Accounting**. Tulsa, OK: Pennwell Books, 2001.