



Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Ano letivo: 2025/2026

Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Licenciatura, 1º Ciclo

Plano: Despacho n.º 7795/2021 - 09/08/2021

Ficha da Unidade Curricular: Redes Elétricas Inteligentes

ECTS: 6; Horas - Totais: 162.0, Contacto e Tipologia, T:28.0; PL:42.0;

Ano | Semestre: 3 | S1

Tipo: Obrigatória; Interação: Presencial; Código: 911254

Área Científica: Energia

Docente Responsável

Mário Helder Rodrigues Gomes

Professor Adjunto

Docente(s)

Mário Helder Rodrigues Gomes

Professor Adjunto

Objetivos de Aprendizagem

Compreender a constituição e exploração de sistemas de energia elétrica. Compreender as diferentes tecnologias utilizadas nas redes de distribuição, na produção distribuída e na microgeração, bem assim como em redes elétricas inteligentes.

Saber dimensionar e seleccionar os meios de serviço de redes.

Objetivos de Aprendizagem (detalhado)

Compreender a constituição e exploração de sistemas de energia elétrica. Compreender as diferentes tecnologias utilizadas nas redes de distribuição, na produção distribuída e na microgeração, bem assim como em redes elétricas inteligentes.

Saber dimensionar e seleccionar os meios de serviço em redes elétricas e compreender o impacto associado ao seu funcionamento integrado (eficiência/qualidade de energia).

Conteúdos Programáticos

1. Sistemas de Energia Elétrica

2. Fluxo de cargas
3. Postos de transformação e Subestações
4. Redes de distribuição
5. Produção descentralizada
6. Redes elétricas inteligentes
7. Dimensionamento de redes
8. Qualidade de energia
9. Elaboração de estudos de planeamento e operação de redes elétricas inteligentes

Conteúdos Programáticos (detalhado)

1. Sistemas de Energia Elétrica (SEE): Cadeia de valor; Características das cargas; Capacidade de transmissão das linhas; Relação entre frequência e equilíbrio de potências reais; Efeito da potência reativa no valor da tensão; Caracterização dos componentes de um SEE (Transformadores, Máquinas elétricas, Linhas e cabos, Cargas). Funcionamento de um SEE e interligação com outros sistemas.
2. Fluxo de cargas (FC): Tipos de barramentos; Análise nodal de uma rede elétrica; Definição analítica do problema de FC. Sistema por unidade (PU). Métodos numéricos utilizados em problemas de FC.
3. Postos de transformação e Subestações AT/MT: Caracterização; Barramentos; Layouts; RSSPTS; Bases de dimensionamento; Características técnicas dos meios de serviço - aparelhagem e equipamentos de potência, medida e contagem; Exploração e conservação.
4. Redes de distribuição: Redes de AT, MT e BT; Redes radiais, redes em anel/bialimentadas e redes malhadas; Redes aéreas e subterrâneas; Proteções convencionais e proteções inteligentes; Normas regulamentares; Bases para o projeto de redes de distribuição - cálculos elétricos (fixação da tensão e da secção dos condutores, fórmula de Still e tabela de Starr, Lei de Kelvin e método de Frey), bases de Cálculo Mecânico de linhas aéreas (apoios nivelados/desnivelados) -; Tipos de condutores; Traçado das linhas e vão mais económico.
5. Produção descentralizada: Noções sobre transição energética e descarbonização da produção de EE (PNEC2030) e de eficiência energética. Energias renováveis (solar, eólica, hídrica); Tecnologias de conversão (PV, WT, MT); Normas sobre micro/mini produção (UPAC, CER, UPP); Condições técnicas de interligação à rede elétrica; Indicadores característicos dos locais (irradiação, velocidade, caudal, utilização anual); Avaliação simplificada do potencial energético.
6. Redes elétricas inteligentes (REI): Caracterização - conceção, objetivos, benefícios e efeitos; Integração tecnológica - recursos distribuídos de produção e de armazenamento, veículos elétricos, sistemas de controlo e supervisão, sistemas de comunicação, contadores inteligentes; Prosumers. Diagramas de carga (redes passivas/ativas); Cargas flexíveis; Bidirecionalidade dos Fluxos de energia; Conceitos de mercado de eletricidade.
7. Dimensionamento de redes de distribuição: Método da secção constante; Método da densidade de corrente constante, Método do mínimo volume de cobre; Método de Coltri-Teismüller; Fluxo de potências, energia reativa e proteções em redes de distribuição. Curtos-circuitos em redes de distribuição. Seleção de proteções convencionais e proteções eletrónicas/digitais.
8. Qualidade de energia: Enquadramento; Normas - EN 50160; Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS) e a NPEN 5010. Continuidade de Serviço - indicadores TEIPI, SAIFI, SAIDI, END, FI, DI; Qualidade da Onda de Tensão - valor eficaz, tremulação, distorção harmónica, desequilíbrio, frequência, cavas de tensão; Qualidade Comercial.

9. Elaboração de estudos de planeamento e operação de redes elétricas inteligentes.

Metodologias de avaliação

Prova escrita (Exame / Recurso - 50%) e dois Trabalhos (50%; um trabalho de pesquisa 15% e um trabalho de simulação - Ponto 9 dos Conteúdos Programáticos - 35%).

A nota mínima para aprovação à UC é de 10 valores.

Software utilizado em aula

PowerWorld, SimPowerSystems ou PSS/E.

Word, Excel, PowerPoint.

Estágio

Não aplicável.

Bibliografia recomendada

- Bernd Buchholz, Zbigniew Styczynski, . (2020). *Smart Grids: Fundamentals and Technologies in Electric Power Systems of the future*. (Vol. 1 - 2nd edition). (pp. -). Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-662-60930-9..
- DL, . (1977). *Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS)*. (Vol.). (pp. -). Decreto-Lei n.º 42895 de 1960 e alterações do Decreto Regulamentar n.º 14/77 de 1977.. Lisboa
- DR, . (1984). *Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT)*. (Vol.). (pp. -). Diário da República n.º 297/1984, Série I de 1984.. Lisboa
- DR, . (1992). *Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT)*. (Vol.). (pp. -). Ministério da Indústria e Energia, Diário da República n.º 41/1992, Série I-B de 1992.. Lisboa
- José Sucena Paiva, . (2015). *Redes de Energia Elétrica*. (Vol. 1). (pp. -). IST Press, 2015. ISBN: 978-989-8481-41-2.. Lisboa
- Surya Santoso, Mark F. McGranaghan, Roger C. Dugan, H. Wayne Beaty, . (2012). *Electrical Power Systems Quality*. (Vol. 1- third Edition). (pp. -). McGraw-Hill Education, 2012. ISBN: 9780071761550. .

Coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular estão claramente alinhados com os seus objetivos pedagógicos.

O objetivo de compreender a constituição e exploração de sistemas de energia elétrica é diretamente abordado no conteúdo 1, que trata dos componentes, funcionamento e interligação dos Sistemas de Energia Elétrica (SEE). O conteúdo 2, sobre fluxo de cargas, complementa esta compreensão com ferramentas analíticas para modelar e analisar as redes elétricas.

A compreensão das tecnologias utilizadas nas redes de distribuição, produção distribuída, microgeração e redes inteligentes é desenvolvida nos conteúdos 3 a 6. Estes abrangem desde subestações e redes de AT, MT e BT, até à integração de energias renováveis, tecnologias de conversão e sistemas inteligentes como contadores, veículos elétricos e supervisão.

O objetivo de saber dimensionar e selecionar os meios de serviço e compreender o impacto do

seu funcionamento integrado é concretizado nos conteúdos 7 e 8, que abordam métodos de dimensionamento, seleção de proteções e análise da qualidade de energia segundo normas técnicas.

Por fim, o conteúdo 9, dedicado à elaboração de estudos de planeamento e operação de redes elétricas inteligentes, reforça a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, desenvolvendo competências para interpretar situações reais e propor soluções adequadas.

Esta articulação garante que os conteúdos lecionados sustentam plenamente os objetivos pedagógicos da UC, promovendo uma formação técnica sólida e atualizada no domínio das redes elétricas inteligentes.

Metodologias de ensino

Aulas teóricas expositivas e reflexivas com apoio de meios audiovisuais.

Aulas prático-laboratoriais para resolver exercícios com apoio do quadro e meios audiovisuais e para simulação de redes com apoio de software.

Coerência das metodologias de ensino com os objetivos

As metodologias de ensino adotadas nesta unidade curricular estão alinhadas com os objetivos de aprendizagem, promovendo uma abordagem equilibrada entre teoria, prática e aplicação técnica.

A utilização de aulas teóricas permite aos estudantes compreenderem os fundamentos dos sistemas de energia elétrica, respondendo diretamente ao objetivo de conhecer a constituição e exploração dos SEE. As aulas práticas e laboratoriais facilitam o contacto com ferramentas de análise e dimensionamento, essenciais para a seleção de meios de serviço e avaliação do seu impacto na eficiência e qualidade da energia.

A realização de trabalhos práticos e estudos de caso, especialmente no âmbito do planeamento e operação de redes elétricas, reforça a compreensão das tecnologias envolvidas na produção distribuída, microgeração e redes inteligentes, promovendo a aplicação dos conhecimentos em contextos reais.

Estas metodologias, complementadas por momentos de avaliação contínua e discussão técnica, asseguram que os estudantes desenvolvem competências coerentes com os objetivos definidos, numa perspetiva integrada e orientada para a prática profissional.

Língua de ensino

Português

Pré-requisitos

Não aplicável.

Programas Opcionais recomendados

Não aplicável.

Observações

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- 4 - Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- 5 - Alcançar a igualdade de género e empoderar todas as mulheres e raparigas;
- 7 - Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos;
- 8 - Promover o crescimento económico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos;
- 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- 10 - Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países;
- 11 - Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis;
- 12 - Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis;
- 16 - Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas a todos os níveis;

Docente responsável

Assinado por: **Mário Hélder Rodrigues Gomes**
Num. de Identificação: 09948640

