
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[2339] Qualidade de Energia Elétrica / Electric Power Quality

1.2 Sigla da área científica em que se insere

EE

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

162h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais T: 22h 30m | TP: 22h 30m | P: 22h 30m

1.6 ECTS

6

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1221] Paulo José Duarte Landeiro Gambôa

3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1221] Paulo José Duarte Landeiro Gambôa | Horas Previstas: 180 horas

[1789] Miguel Cabral Ferreira Chaves | Horas Previstas: 45 horas

4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes)

- Aquisição de conhecimentos na área da Qualidade de Energia Elétrica;
- Aquisição de competências para permitir auditar e diagnosticar problemas de Qualidade de Energia Elétrica;
- Usar soluções preventivas e reparadoras para mitigar problemas de Qualidade de Energia Elétrica;
- Analisar e interpretar as regulamentações e normas aplicáveis à Qualidade de Energia Elétrica.

**4. Intended learning outcomes
(knowledge, skills and
competences to be developed
by the students)**

- This course aims at the acquisition of knowledge in the area of Power Quality;
- Students acquire skills to diagnose problems of power quality;
- Students learn to use preventive and remedial solutions to mitigate them.

5. Conteúdos programáticos

Programa Teórico e Teórico-Prático:

- Qualidade de Energia Elétrica: conceitos, definições, indicadores e custos;
- Perturbações causadas por sistemas de conversão comutada;
- Tipos de deformações da forma de onda da corrente e tensão;
- Soluções preventivas e reparadoras;
- Monitorização;
- Regulamentação e normas de Qualidade de Energia Elétrica: EN50160, IEC61000, IEC62040, IEEE Std 519-2014, Regulamento de Qualidade de Serviço (RQS);
- Sistemas de Armazenamento de Energia.

Programa dos Trabalhos Laboratoriais:

As aulas laboratoriais acompanham o programa teórico e teórico-prático, permitindo assim ao aluno provar e desenvolver os conceitos tratados nas aulas teóricas. São efectuados exercícios de aplicação sobre os temas leccionados nas aulas teóricas, bem como trabalhos de desenvolvimento, que necessitam de competências a desenvolver pelo aluno:

- Harmónicas no sector dos serviços e sector industrial;
- Ensaios em laboratório de cargas não lineares com utilização do Analisador de QEE.

5. Syllabus

- Power Quality;
- Concepts, definitions, indicators and cost;
- Types of deformation of the waveform of current and voltage;
- Regulatory and quality standards (EN50160, IEC61000, IEC62040, IEEE Std 519-2014, IEEE Std 1459-2010 , RQS);
- Monitoring;
- Disturbances caused by conversion systems switched;
- Preventive and remedial solutions.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

- Utilização de programas de simulação numérica (Matlab/Simulink), com os respectivos modelos matemáticos, para reproduzir os principais tipos de deformação da onda de tensão e da onda de corrente e algumas soluções reparadoras;
- Apresentação e discussão com os alunos de casos práticos;
- Principais indicadores, exemplos obtidos experimentalmente e o seu enquadramento na Regulamentação em vigor.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

- Using numerical simulation programs (Matlab/Simulink), with their mathematical models to reproduce the main types of deformation wave voltage and current waveform and some mitigation solutions.
- Presentation and discussion with students in practical cases.
- Key indicators, examples and experimental framework in its existing regulations.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)

- Aulas teóricas ministradas com recurso a acetatos em PowerPoint, simulações numéricas e apresentação de artigos científicos;
- Aulas teóricas/práticas de resolução de problemas, interpretação dos resultados e discussão de soluções;
- Aulas práticas em laboratório com recurso ao software Matlab/Simulink para modelização e simulação de casos concretos. Ensaios de demonstração em laboratório;
- A avaliação de conhecimentos consiste na avaliação distribuída com exame final (nos termos do estipulado no ponto 1, artigo 21 do RPAC, despacho 8077/2023 de 7 de agosto) e é composta por duas componentes, pedagogicamente fundamentais:

1 - Realização e discussão de seis trabalhos práticos, nota mínima de 8,00 valores e média mínima de 9,50 valores (NP);

2 - Realização de exame escrito, com nota mínima de 9,50 valores (NE).

- A classificação final, NF, é obtida pela média ponderada das duas componentes:

$$NF = 2/3 \times NE + 1/3 \times NP;$$

(A nota final para aprovação tem o mínimo de 10 valores, numa escala de zero a vinte).



**7. Teaching methodologies
(including assessment)**

- Lectures using PowerPoint acetates, numerical simulations and presentations of scientific articles;
- Theoretical/practical problem-solving classes, interpretation of results and discussion of solutions;
- Practical laboratory classes using Matlab/Simulink software to model and simulate specific cases. Demonstration tests in the laboratory;
- The assessment of knowledge consists of distributed assessment with a final exam (as stipulated in point 1, article 21 of the RPAC, order 8077/2023 of August 7) and is made up of two pedagogically fundamental components:
 - 1 - Carrying out and discussing six practical assignments, with a minimum mark of 8.00 and a minimum average of 9.50;
 - 2 - A written exam, with a minimum mark of 9.50 (NE).
- The final grade, NF, is obtained from the weighted average of the two components:
$$NF = 2/3 \times NE + 1/3 \times NP;$$
(The final grade for approval is a minimum of 10 points, on a scale of zero to twenty).

**8. Demonstração da coerência
das metodologias de ensino
com os objetivos de
aprendizagem da unidade
curricular**

- As aulas práticas em laboratório com recurso ao software Matlab/Simulink permitem a simulação de problemas de qualidade de energia eléctrica bem como algumas soluções reparadoras. Em laboratório contacto e exemplos de equipamento para monitorizar alguns tipos de problemas de qualidade de energia eléctrica;
- Em aulas teórico-prático resolução matemática de problemas tipo permitindo quantificar os principais indicadores de qualidade de energia eléctrica. Discussão em turma dos resultados obtidos e sua interpretação.

**8. Evidence of the teaching
methodologies coherence with
the curricular unit's intended
learning outcomes**

- Using numerical simulation programs (Matlab/Simulink) with their mathematical models to reproduce problems of power quality and some mitigation solutions;
- Conducting laboratory tests on power quality;
- Presentation and discussion with students in practical cases.

**9. Bibliografia de
consulta/existência obrigatória**

- Fernando Alves da Silva, "Qualidade de Energia Elétrica", Textos de apoio;
- Fernando Alves da Silva, "Guias dos Trabalhos Laboratoriais";
- Paulo Gambôa, "Qualidade de Energia Elétrica", Textos de apoio;
- EDP, "Manual da Qualidade da Energia Elétrica", EDP, Dezembro 2005.
- Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, "Electrical Power System Quality", MacGraw Hill, 2003, ISBN: 0-07-138622-X.
- Math H.J. Bollen, M., "Understanding Power Quality Problems", Wiley-Interscience, 2000, ISBN 0-7803-4713-7.
- Bhim Singh, Amrith Chandra, Kamal Al-Haddad, "Power Quality Problems and Mitigation Techniques", John Wiley and Sons Ltd, ISBN:9781118922057, 2015.
- Ali Emadi, Abdolhosein Nasiri, Stoyan B. Bekiarov, "Uninterruptible Power Supplies and Active Filters", CRC Press, ISBN 9780849330353, 2004.
- Francisco Díaz- González, Andreas Sumper, Oriol Gomis -Bellmunt, "Energy Storage in Power Systems", John Wiley & Sons, Ltd., ISBN:9781118971321, 2016.

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26