

# NCE/19/1901138 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:  
*Universidade De Coimbra*

1.1.a. Outra(s) Instituição(ões) de Ensino Superior (proposta em associação):

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):  
*Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)*

1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):

1.3. Designação do ciclo de estudos:  
*Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores*

1.3. Study programme:  
*Master in Electrical and Computer Engineering*

1.4. Grau:  
*Mestre*

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:  
*Engenharia Eletrotécnica e de Computadores*

1.5. Main scientific area of the study programme:  
*Electrical and Computer Engineering*

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):  
*523*

1.6.2 Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:  
*522*

1.6.3 Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:  
*481*

1.7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:  
*120*

1.8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto):  
*2 anos – 4 semestres*

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 65/2018, of August 16th):  
*2 years - 4 semesters*

**1.9. Número máximo de admissões:**

160

**1.10. Condições específicas de ingresso.**

- 1. Os titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em: Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Engenharia Eletrotécnica, Engenharia Informática, Engenharia Eletrotécnica e de Telecomunicações, Engenharia de Computadores e Telemática, Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, Engenharia e Gestão Industrial, Engenharia Física, Engenharia Biomédica;**
- 2. Os titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em outras áreas da Engenharia e das Ciências Exatas e Naturais;**
- 3. Os titulares de um grau académico superior estrangeiro que seja reconhecido pela Comissão Científica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) como satisfazendo os objetivos do grau de licenciado numa das áreas referidas anteriormente;**
- 4. Em casos devidamente justificados, os detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que seja reconhecido como atestando capacidade para realização deste ciclo de estudos pela Comissão Científica do DEEC.**

**1.10. Specific entry requirements.**

- 1. Holders of a degree or legal equivalent in: Electrical and Computer Engineering, Electrical Engineering, Computer Engineering, Electrical and Telecommunications Engineering, Computer and Telematics Engineering, Electronics and Telecommunications Engineering, Industrial Engineering and Management, Physics Engineering, Biomedical Engineering, Mathematics and Physics;**
- 2. Degree of degree or legal equivalent in other areas of Engineering and Exact and Natural Sciences;**
- 3. Holders of a foreign higher academic degree who are recognised as satisfactory for the purposes of the degree awarded in one of the areas considered in the previous paragraphs by the Scientific Committee of the Department of Electrical and Computer Engineering;**
- 4. In duly justified cases, holders of a school, scientific or professional curriculum, which is recognised as certifying the ability to perform this cycle of studies by the Scientific Committee of the Department of Electrical and Computer Engineering.**

**1.11. Regime de funcionamento.**

*Diurno*

**1.11.1. Se outro, especifique:**

*<sem resposta>*

**1.11.1. If other, specify:**

*<no answer>*

**1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:**

*Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.*

**1.12. Premises where the study programme will be lectured:**

*Department of Electrical and Computers Engineering, Faculty of Sciences and Technology, University of Coimbra.*

**1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):**

[1.13.\\_Regulamento\\_Creditacao\\_Formacao\\_Anterior\\_Experiencia\\_Profissional\\_UC.pdf](#)

**1.14. Observações:**

*O mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MEEC) é um curso com duração de 2 anos e está organizado em 4 semestres letivos, num total de 120 ECTS, a que correspondem 3240 horas de trabalho. O MEEC encontra-se dividido em quatro áreas de especialização: 1) Computadores, 2) Energia, 3) Robótica, Controlo e Inteligência Artificial e 4) Telecomunicações. Cada área de especialização apresenta estruturas curriculares diferenciadas, constituídas por unidades curriculares obrigatórias e por unidades curriculares opcionais. Cada área de especialização do MEEC contempla a existência de variantes de sub-especialização, a serem obtidas após a realização de um conjunto definido de unidades curriculares obrigatórias e opcionais condicionadas que se agrupam numa determinada área temática. Estas variantes facultam uma formação especializada em áreas de intervenção do curso, existindo também a possibilidade de o aluno optar por uma formação mais abrangente, sem o recurso às variantes de subespecialização. Dependendo da área de especialização, as variantes de subespecialização têm diferentes configurações e regras intrínsecas próprias, permitindo a construção de percursos formativos flexíveis e coerentes. Identificam-se nove variantes de subespecialização: i) Robótica e Sistemas Autónomos, ii) Sistemas Ciberfísicos, iii)*

**Aprendizagem Computacional, iv) Visão por Computador e Realidade Aumentada, v) Sistemas de Computação Eficiente de Alto-Desempenho, vi) Sistemas de Energia e Redes Inteligentes, vii) Sistemas de Controlo de Potência, viii) Comunicações Móveis e Óticas, ix) Redes e Serviços.**

Todas as áreas de especialização configuram a obrigatoriedade da elaboração de uma **Dissertação**, que envolve a realização de um trabalho de investigação e desenvolvimento, em geral apoiado pelas unidades de I&D associadas ao DEEC e orientado por pelo menos um membro do corpo docente, ou em parceria em ambiente empresarial. A **Dissertação de mestrado culmina com a elaboração de um documento e respetiva apresentação e defesa em prova pública, sendo avaliada por um júri constituído por pelo menos três docentes.**

Após a realização dos 84 ECTS correspondentes à componente escolar do curso, é atribuído um diploma de especialização, de acordo com os regulamentos em vigor na Universidade de Coimbra. No diploma de especialização deverá constar a referência a: “Curso de Especialização em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – área de especialização”. O aluno deve identificar na fase de inscrição no mestrado, qual a área de especialização que pretende frequentar.

Em termos de parcerias institucionais, a Universidade de Coimbra (UC) tem ao dispor dos seus estudantes e docentes diversos protocolos de estímulo à mobilidade para estudos, formação ou estágios curriculares e profissionais em instituições nacionais e estrangeiras de ensino superior, nomeadamente o programa ERASMUS Mundos e o programa Almeida Garrett.

#### 1.14. Observations:

*The Master in Electrical and Computer Engineering (MEEC) is a 2-year course, which is organized in 4 semesters comprising 120 ECTS and corresponding to 3240 hours of work.*

*The MEEC study cycle is divided into four areas of specialization, namely 1) Computers, 2) Energy, 3) Robotics, Control and Artificial Intelligence, and 4) Telecommunications. Each area of specialization configures different curricular structures, all of them consisting of compulsory curricular units complemented by optional curricular units.*

*Each area of specialization considers the existence of subspecialization variants to be obtained after the completion of a defined set of compulsory and optional curricular units that are grouped in a certain thematic area of specialization.*

*These variants provide a more specialized training in areas of intervention of the master's degree, and there is also the possibility for the student to choose a more comprehensive training without the use of subspecialization variants.*

*Depending on the area of specialization, the universe of subspecialization variants has different configurations, as well as the intrinsic rules, offering the possibility of constructing flexible and coherent formation paths.*

*We identified for the Master in Electrical and Computer Engineering nine subspecialization variants, distributed by the four areas of specialization, namely: i) Robotics and Autonomous Systems; ii) Cyberphysical Systems; iii)*

*Computational Learning; iv) Computer Vision and Augmented Reality; v) High Performance Efficient Computing Systems; vi) Power Systems and Smart Grids; vii) Power Systems Control; viii) Mobile and Optical Communications; ix) Networks and Services.*

*All areas of specialization require the development of a Dissertation, corresponding to 36 ECTS, which involves carrying out research and development work. This R&D work can be supported by the R&D units associated with DEEC and supervised by at least a member of the faculty staff, or in partnership with industry. The Master Dissertation culminates in the development of a document and its public presentation and defense, being evaluated by a jury of at least three professors.*

*After completing the 84 ECTS corresponding to the school component of the course, the student is awarded a specialization diploma, according to the regulations of the University of Coimbra. The diploma to be provided must include the reference to “Specialization Course in Electrical and Computer Engineering - specialization area”. The student must identify in the enrollment phase the area of specialization that he/she intends to attend.*

*In terms of institutional partnerships, the University of Coimbra (UC) has available to its students and teachers several protocols to stimulate mobility for studies, training or professional and internships in national and foreign higher education institutions, namely the ERASMUS-Mundus program and the Almeida Garrett program.*

## 2. Formalização do Pedido

### Mapa I - Reitor da Universidade de Coimbra / Rector of the University of Coimbra

---

#### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor da Universidade de Coimbra / Rector of the University of Coimbra*

#### 2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2\\_77\\_Eng\\_Eletrotecnica\\_Computadores\\_Mestrado\\_compressed.pdf](#)

### Mapa I - Conselho Científico da FCTUC / Scientific Council of the FCTUC

---

#### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da FCTUC / Scientific Council of the FCTUC*

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2.\\_CC\\_FCTUC\\_18\\_12\\_2019\(2\).pdf](#)

## Mapa I - Conselho Pedagógico da FCTUC / Pedagogical Council of the FCTUC

---

2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Pedagógico da FCTUC / Pedagogical Council of the FCTUC*

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2.\\_Extrato\\_ataCP\\_FCTUC\\_20200415\\_signed\\_100k.pdf](#)

## Mapa I - Plano de correspondência

---

2.1.1. Órgão ouvido:

*Plano de correspondência*

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2.\\_MEEC\\_compressed.pdf](#)

## 3. Âmbito e objetivos do ciclo de estudos. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

*O Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é um curso que se deseja de elevada qualidade, pautado por padrões internacionais, e que tem por objetivos:*

- *Transmitir conhecimentos e desenvolver competências avançadas nos domínios da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, em particular nas áreas de especialidade da Robótica, Controlo e Inteligência Artificial, Energia, Computadores e Telecomunicações;*
- *A formação de profissionais com um elevado nível de qualificação técnica, científica e ética, capazes de responder às necessidades de modernização da economia à escala global.*
- *Fornecer uma formação sólida que habilite aqueles que o desejarem a prosseguirem os seus estudos num 3º ciclo de estudos e/ou uma carreira de investigadores.*

3.1. The study programme's generic objectives:

*The Master in Electrical and Computer Engineering is a course that is intended to be of high quality, guided by international standards, and which aims to:*

- *Transmitting knowledge and developing advanced skills in the fields of Electrical and Computer Engineering, in particular in the areas of Robotics, Control and Artificial Intelligence, Energy, Computers and Telecommunications;*
- *The training of professionals with a high level of technical, scientific and ethical qualification, capable of meeting the needs of modernizing the economy on a global scale.*
- *Provide solid training that enables those who wish to continue their studies in a 3rd cycle of studies and / or a career as researchers.*

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

*-Revelar capacidade de análise e concepção ao nível da aplicação do conhecimento, evidenciando fortes competências profissionais, nomeadamente nas áreas chave da "Indústria 4.0", "Tecnologias de Informação e Comunicação" e da "Sociedade do Conhecimento".*

*-Demonstrar compreensão e conhecimentos avançados nas áreas de especialidade do curso, capaz de constituir a base de desenvolvimentos e ou aplicações inovadoras de novos produtos e serviços (p.ex. na área da inteligência artificial, redes elétricas inteligentes, novos sistemas automatizados de produção, robótica colaborativa, redes resilientes, sistemas computacionais de alto-desempenho, etc.), incluindo em contexto de investigação na academia e na indústria.*

*-Capacidade de projetar e desenvolver soluções inovadoras para resolver de forma eficiente (minimizando recursos) e eficaz (maximizando o impacto dos resultados) problemas complexos, de natureza interdisciplinar e/ou envolvendo dados e processos de grande dimensão e/ou incertos.*

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

*- Reveal the capacity for analysis and design in terms of the application of knowledge, in order to show strong professional skills, namely in the key areas of "Industry 4.0", "Information and Communication Technologies" and the "Knowledge Society".*

- *Demonstrate understanding and advanced knowledge in the area of specialty of the course capable of forming the basis for developments and or innovative applications of new products and services (for example in the field of artificial intelligence, intelligent electrical networks, new automated production systems, collaborative robotics, resilient networks, high-performance computer systems, etc.), including in the context of research in academia and industry.*
- *Ability to design and develop new solutions to solve efficiently (minimising resources) and effectively (maximising the impact of results) complex problems of interdisciplinary nature and/or involving large-scale and/or uncertain data and processes.*

**3.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa, face à missão institucional e, designadamente, ao projeto educativo, científico e cultural da instituição:**

*Os objetivos definidos enquadram-se dentro da missão da Universidade de Coimbra, que consiste na criação, análise crítica, transmissão e difusão de cultura, de ciência e de tecnologia que, através da investigação, do ensino e da prestação de serviços à comunidade, contribui para o desenvolvimento económico e social, para a defesa do ambiente, para a promoção da justiça social e da cidadania esclarecida e responsável e para a consolidação da soberania assente no conhecimento. A Universidade de Coimbra definiu como linhas de orientação estratégica para o quinquénio 2019-2023, a inovação e adequação de modelos pedagógicos ao ensino 4.0, oferecendo excelência na assimilação de conhecimentos e de competências e nos resultados alcançados, a melhoria da atratividade e valorização da aquisição transversal de competências, oferecendo aos/às estudantes uma preparação de excelência e contemplando atividades de investigação, e também o fortalecimento da interação com o tecido empresarial e com outras entidades, ajustando e cocriando oferta formativa, garantindo aprendizagens em contexto de trabalho e promovendo a empregabilidade. Ao nível departamental, cabe ao DEEC promover a aquisição e difusão do conhecimento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, e contribuir para o fortalecimento da cultura científica e para a modernização do sistema produtivo nacional. A coerência dos objetivos definidos para o MEEC com a missão e a estratégia do DEEC-FCTUC é assegurada em termos de ensino, investigação, e transferência e valorização de conhecimento através do um corpo docente altamente qualificado, totalmente composto por docentes detentores do grau de Doutor, um espaço físico de enorme qualidade, que assegura a alunos e docentes condições de excelência para a atividade letiva e para aprendizagem. Acresce a estreita interligação com quatro unidade de I&D, reconhecidas pela FCT e avaliadas maioritariamente com a classificação de Excelente ou Muito Bom. Estas unidades de I&D atuam como entidades de acolhimento dos alunos em atividades de investigação e desenvolvimento tecnológico, integrando os alunos em projetos de I&D nacionais e internacionais, ou contratualizados com empresas potencialmente acolhedoras dos formandos (ex.EDP, Altice, Critical-Software, Fraunhofer-Portugal, Siemens-network, Brisa Inovação&Tecnologia), abrindo simultaneamente caminho a carreiras de investigação.*

*Do ponto de vista formativo, a coerência de objetivos do MEEC está claramente espelhada nas quatro áreas de especialidade em que se sub-divide o ciclo de estudos, permitindo aos formando adquirir competências avançadas nas áreas formativas que constituem os vectores principais da missão do DEEC. Acresce a estreita ligação do DEEC-FCTUC a instituições de promoção de transferência de conhecimento (III-UC, UC Business) e incubação de empresas, como é o caso do Instituto Pedro Nunes, potenciando a inserção dos formandos do MEEC no tecido produtivo e empresarial nacional e internacional.*

**3.3. Insertion of the study programme in the institutional educational offer strategy, in light of the mission of the institution and its educational, scientific and cultural project:**

*The defined objectives fall within the mission of the University of Coimbra, which consists in the creation, critical analysis, transmission and diffusion of culture, science and technology that, through research, teaching and the provision of services to the community, contributes for economic and social development, for the defense of the environment, for the promotion of social justice and enlightened and responsible citizenship and for the consolidation of knowledge-based sovereignty. The University of Coimbra defined as strategic guidelines for the five-year period 2019-2023, the innovation and adaptation of pedagogical models to 4.0 education, offering excellence in the assimilation of knowledge and skills and in the results achieved, the improvement of the attractiveness and valuation of the acquisition of competences, offering students a preparation of excellence and contemplating research activities, as well as strengthening interaction with the business community and with other entities, adjusting and co-creating training offer, guaranteeing learning in the work context and promoting employability .*

*At the department level, the DEEC aims to promote the acquisition and dissemination of knowledge in Electrical and Computer Engineering and contribute to the strengthening of scientific culture and the modernisation of the national productive system. The coherence of the objectives set for the MEEC with the mission and strategy of DEEC-FCTUC is ensured in terms of teaching, research and transfer of knowledge through an highly qualified teaching staff, fully composed of professors holding a PhD degree, physical space of high quality that offers students and teachers conditions of excellence for teaching activity and learning, in addition to the close interconnection to four R&D units associated with the DEEC-FCTUC, recognized by the FCT, and evaluated mostly with the classification of Excellent or Very Good. These R&D units behave as entities that welcome students in research and technological development activities, integrating students into national and international projects, or contracted with companies potentially welcoming trainees (eg EDP, Altice, Critical-Software, Fraunhofer-Portugal, Siemens-network, Brisa Inovação e Tecnologia, etc.), simultaneously paving the way for research careers.*

*From a training point of view, the coherence of the MEEC's objectives is clearly mirrored in the four areas of specialty in which the study cycle is sub-divided, allowing trainees to acquire high skills in the training areas that constitute the main vectors of DEEC's mission. In addition, the DEEC-FCTUC is closely linked to institutions that promote knowledge transfer (III-UC, UC Business) and business incubation, as is the case of the Pedro Nunes Institute, enhancing the*

*insertion of MEEC students into national and international productive business systems.*

## 4. Desenvolvimento curricular

### 4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)

#### 4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation (if applicable)

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura:	Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:
Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil	Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile
Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos	Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence - Robotics and Autonomous Systems
Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos	Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems
Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional	Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computational Learning
Especialização de Computadores – Sem variante	Specialization in Computers – Without Profile
Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho	Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems
Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada	Specialization in Computers – Vision and Augmented Reality
Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos	Specialization in Computers – Cyberphysical Systems
Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional	Specialization in Computers – Computational Learning
Especialização em Energia – sem perfil	Specialization in Energy – without profile
Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes	Specialization in Energy – Energy Systems and Smart Grids
Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência	Specialization in Energy – Power Control Systems
Especialização em Telecomunicações - sem perfil	Specialization in Telecommunications – without profile
Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas	Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications
Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços	Specialization in Telecommunications - Networks and Services

### 4.2. Estrutura curricular (a repetir para cada um dos percursos alternativos)

#### Mapa II - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil

##### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil*

##### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile*

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	36	12	36 (ECTS Opt Max)
Computadores	COMP	6	0	24 (ECTS Opt Max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt Max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt Max)

Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt Max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>12</b>	

## Mapa II - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence - Robotics and Autonomous Systems*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	36	12	36 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	6	0	24 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	18 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	18 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>12</b>	

## Mapa II - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	36	6	36 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	6	0	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	30 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	18 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>6</b>	

**Mapa II - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional****4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional*****4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computational Learning*****4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	36	0	18 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	6	0	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	18 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	18 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	6	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>6</b>	

**Mapa II - Especialização em Computadores – Sem variante****4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sem variante*****4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Without Profile*****4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	6	0	24 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	36	12	36 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>12</b>	

**Mapa II - Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho****4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho*****4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems***

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	6	0	24 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	42	6	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL		0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>90</b>	<b>6</b>	

#### Mapa II - Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada

##### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada*

##### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Computers – Computer Vision and Augmented Reality*

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	6	0	24 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	42	6	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>90</b>	<b>6</b>	

#### Mapa II - Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos

##### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos*

##### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Computers – Cyberphysical Systems*

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
-----------------------------------	-----------------	------------------------------------	--	----------------------------

Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	12	0	24 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	36	6	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	6	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>90</b>	<b>6</b>	

## Mapa II - Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Computers – Computational Learning*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	6	0	24 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	36	6	30 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	24 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	24 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	12	0	24 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>90</b>	<b>6</b>	

## Mapa II - Especialização em Energia – sem perfil

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Energia – sem perfil*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Energy – without profile*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	18 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	0	0	18 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	48	18	36 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	18 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)

Métodos Computacionais Avançados	MCA	0	0	18 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>18</b>	

## Mapa II - Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Energy – Energy Systems and Smart Grids*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	18 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	0	0	18 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	48	18	36 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	18 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	0	0	18 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>18</b>	

## Mapa II - Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência

### 4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência*

### 4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Energy – Power Control Systems*

### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	18 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	0	0	18 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	48	18	36 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	0	0	18 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCS	0	0	18 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>84</b>	<b>18</b>	

**Mapa II - Especialização em Telecomunicações - sem perfil**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Telecomunicações - sem perfil***

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Telecommunications – without profile***

**4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	6 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	0	0	12 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	6 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	54	18	30 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	0	0	6 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>90</b>	<b>18</b>	

**Mapa II - Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas***

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications***

**4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	6 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	0	0	(6 ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	6 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	78	0	6 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCA	0	0	6 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>114</b>	<b>0</b>	

**Mapa II - Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços***

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

### Specialization in Telecommunications - Networks and Services

#### 4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Robótica, Controlo e Sistemas	RCS	0	0	6 (ECTS Opt max)
Computadores	COMP	6	0	6 (ECTS Opt max)
Energia	ENERG	0	0	6 (ECTS Opt max)
Telecomunicações	TEL	72	0	6 (ECTS Opt max)
Ciências e Tecnologias da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	CTEEC	36	0	0 (ECTS Opt)
Métodos Computacionais Avançados	MCS	0	0	6 (ECTS Opt max)
Opção Livre	OPL	0	0	6 (ECTS Opt Livre max)
<b>(7 Items)</b>		<b>114</b>	<b>0</b>	

### 4.3 Plano de estudos

#### Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil - 1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester

##### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil*

##### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile*

##### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo Digital / Digital Control	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Robótica / Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Aprendizagem Computacional Probabilística / Probabilistic Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
<b>(5 Items)</b>						

#### Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester

##### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil*

##### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

**Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas Robóticos Autónomos / Autonomous Robotic Systems	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Controlo por Computador no Espaço de Estados / Computer Control in State-Space	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Mecatrónica / Mechatronics	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	-
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil - 2º ano / 1º sem; 2nd year / 1st sem****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 1º sem; 2nd year / 1st sem****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

**Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sem perfil****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – without profile*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:28	30	UC anual

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos - 1ºano / 1ºSem;  
1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Robotics and Autonomous Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo Digital / Digital Control	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Robótica / Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Aprendizagem Computacional Probabilística / Probabilistic Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos - 1º ano / 2º  
semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Robotics and Autonomous Systems***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas Robóticos Autónomos / Autonomous Robotic Systems	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Controlo por Computador no Espaço de Estados / Computer Control in State-Space	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Mecatrónica / Mechatronics	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	-
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Robotics and Autonomous Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Robótica e Sistemas Autónomos***

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Robotics and Autonomous Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs Condicionadas - Perfil de Robótica e Sistemas Autónomos - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Lista de UCs Condicionadas - Perfil de Robótica e Sistemas Autónomos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****List of conditioned UCs - Profile in Robotics and Autonomous Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****-****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Sistemas de Tempo Real / Real Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Robótica Médica / Medical Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Aprendizagem Profunda Aplicada / Applied Deep Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Sistemas e Robôs Interactivos / Interactive Systems and Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	UC opcional Cond.
Robótica Cognitiva / Cognitive Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos - 1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester***

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo Digital / Digital Control	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Robótica / Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Aprendizagem Computacional Probabilística / Probabilistic Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas Robóticos Autónomos / Autonomous Robotic Systems	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Controlo por Computador no Espaço de Estados / Computer Control in State-Space	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Mecatrónica / Mechatronics	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	-
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Sistemas Ciberfísicos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Cyberphysical Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**(1 Item)**

**Mapa III - Lista de UCs Condicionadas - Perfil de Sistemas Ciberfísicos - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Lista de UCs Condicionadas - Perfil de Sistemas Ciberfísicos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****List of conditioned UCs - Profile in Cyberphysical Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

-

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas de Tempo Real / Real Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Sensores Inteligentes / Intelligent Sensors	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	UC opcional Cond.
Fabricação Digital e Sistemas Micro-Electrónico-Mecânicos / Digital Fabrication and MEMS	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Automação de Processos Industriais / Industrial Automation Processes	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	UC opcional Cond.
Internet das Coisas / Internet of Things	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Controlo Difuso e Aprendizagem Automática / Fuzzy Control and Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Segurança em Redes de Comunicações / Security in Communication Networks Technology	TEL	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.

(7 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional - 1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

*Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computational Learning*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

*1ºano / 1ºSem; 1st year / 1st semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo Digital / Digital Control	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Robótica / Robotics	RCS	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Aprendizagem Computacional Probabilística / Probabilistic Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

*Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

**Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computacional Learning****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas Robóticos Autónomos / Autonomous Robotic Systems	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Controlo por Computador no Espaço de Estados / Computer Control in State-Space	RCS	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Mecatrónica / Mechatronics	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	-
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computacional Learning****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a definir anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

**Especialização em Robótica, Controlo e Inteligência Artificial – Aprendizagem Computacional****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization in Robotics, Control and Artificial Intelligence – Computational Learning****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs Condicionadas - Perfil em Aprendizagem Computacional - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Lista de UCs Condicionadas - Perfil em Aprendizagem Computacional****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****List of Conditioned UCs - Profile in Computational Learning****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

-

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:30h ; PL:30h ; O:2	6	UC opcional Cond.
Aprendizagem Profunda Aplicada / Applied Deep Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Complementos de Visão por Computador / Advanced Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:14h; OT:14h; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Complementos de Investigação Operacional / Complements of Operational Research	MCA	Semestral	162	TP : 56h	6	UC opcional Cond.
Computação Quântica / Quantic Computation	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Técnicas Computacionais de Detecção, Estimação e Identificação / Computational Techniques of Detection, Estimation and Identification	MCA	Semestral	162	T:14h ; PL:42h	6	UC opcional Cond.

(7 Items)

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sem variante - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Especialização em Computadores – Sem variante**

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Computers – Without Profile***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
***1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester***

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Arquitectura de Computadores / Computer Architecture	COMP	Semestral	162	T:28h; OT:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Sistemas de Tempo Real / Real-Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sem variante - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Computadores – Sem variante***

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Computers – Without Profile***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
***1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester***

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T: 30; PL: 30; O:2	6	FUC (MCD) considera semestre com 15 semanas
Internet das Coisas / Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Projeto de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sem variante - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sem variante*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Without Profile*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Computação Gráfica e Realidade Aumentada / Computer Graphics and Augmented Reality	COMP	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	Unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sem variante - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sem variante*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Without Profile*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

**Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Arquitetura de Computadores / Computer Architecture	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Sistemas de Tempo Real / Real-Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:30; PL:30; O:2	6	FUC (MCD) considera semestre com 15 semanas.
Internet das Coisas / Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Projeto de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Computação Gráfica e Realidade Aumentada / Computer Graphics and Augmented Reality	COMP	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	-
Co-Projecto de Hardware e Software / Hardware Software Co-Design	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – High Performance Efficient Computer Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs condicionadas - Perfil de Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Lista de UCs condicionadas - Perfil de Sistemas de Computação Eficiente de Alto Desempenho*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****List of conditioned UCs - Profile in High Performance Efficient Computing Systems***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

-

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Profunda Aplicada / Applied Deep Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Computação Quântica / Quantum Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Processamento Avançado de Vídeo / Advanced Video Processing	TEL	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.

**(3 Items)**

**Mapa III - Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization in Computers – Computer Vision and Augmented Reality***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Arquitectura de Computadores / Computer Architecture	COMP	Semestral	162	T:28h; OT:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Sistemas de Tempo Real / Real-Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization in Computers – Computer Vision and Augmented Reality***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

**1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:30; PL:30; O:2	6	FUC (MCD) considera semestre com 15 semanas
Internet das Coisas / Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Projeto de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Computer Vision and Augmented Reality*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Computação Gráfica e Realidade Aumentada / Computer Graphics and Augmented Reality	COMP	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	-
Opcional	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional condicionada
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Visão por Computador e Realidade Aumentada***

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Computer Vision and Augmented Reality*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs condicionadas - Perfil de Visão por Computador e Realidade Aumentada - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Lista de UCs condicionadas - Perfil de Visão por Computador e Realidade Aumentada*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****List of conditioned UCs - Profile in Computer Vision and Augmented Reality*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****-****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Complementos de Visão por Computador / Advanced Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:14h ; OT:14; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Processamento Avançado de Vídeo / Advanced Video Processing	TEL	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Sistemas e Robôs Interativos/ Interactive Systems and Robots	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Técnicas Computacionais de Detecção, Estimação e Identificação / Computational Techniques of Detection, Estimation and Identification	MCA	Semestral	162	T:14h ; PL:42h	6	UC opcional Cond.
Transmissão de Informação Multimédia / Multimedia Transmission	TEL	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.

**(5 Items)**

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Computers – Cyberphysical Systems*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester***

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Arquitetura de Computadores / Computer Architecture	COMP	Semestral	162	T:28h; OT:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Sistemas de Tempo Real / Real-Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Sensores Inteligentes / Intelligent Sensors	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	-
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos***

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Computers – Cyberphysical Systems***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
***1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester***

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T: 30; PL: 30; O:2	6	FUC (MCD) considera semestre com 15 semanas
Internet das Coisas / Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Projeto de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

**(5 Items)****Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos***

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Specialization in Computers – Cyberphysical Systems***

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

**2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Computação Gráfica e Realidade Aumentada / Computer Graphics and Augmented Reality	COMP	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**Mapa III - Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Especialização em Computadores – Sistemas Ciberfísicos*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Specialization in Computers – Cyberphysical Systems*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs condicionadas - Perfil em Sistemas Ciberfísicos - -**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Lista de UCs condicionadas - Perfil em Sistemas Ciberfísicos*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*List of conditioned UCs - Profile in Cyberphysical Systems*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
 -

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Automação de Processos Industriais / Industrial Automation Processes	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Controlo Difuso e Aprendizagem Automática / Fuzzy Control and Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Fabricação Digital e Sistemas Micro-Electrónico-Mecânicos / Digital Fabrication and MEMS	RCS	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Mecatrónica / Mechatronics	RCS	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14h	6	UC opcional Cond.
Segurança em Redes de Comunicações / Security in Communication Networks	TEL	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
***Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional***

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
***Specialization in Computers – Computational Learning***

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
***1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester***

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Arquitectura de Computadores / Computer Architecture	COMP	Semestral	162	T:28h; OT:28h	6	-
Engenharia de Sistemas / Systems Engineering	RCS	Semestral	162	TP:28; PL:28	6	-
Sistemas de Tempo Real / Real-Time Systems	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
***Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional***

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
***Specialization in Computers – Computational Learning***

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
***1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester***

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Avançada / Advanced Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:30; PL: 30; O:2	6	FUC (MCD) considera semestre com 15 semanas
Internet das Coisas / Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Projeto de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	COMP	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

#### Mapa III - Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Computadores – Aprendizagem Computacional*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Computers – Computational Learning*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Computação Heterogénea de Alto Desempenho / Heterogeneous High Performance Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Computação Gráfica e Realidade Aumentada / Computer Graphics and Augmented Reality	COMP	Semestral	162	T:28h ; OT:28h	6	-
Aprendizagem Profunda Aplicada / Applied Deep Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	-
Opcional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

(5 Items)

#### Mapa III - Especialização em Computadores – VAprendizagem Computacional - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Computadores – VAprendizagem Computacional*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Computers – Computational Learning*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**Mapa III - Lista de UCs condicionadas - Perfil em Aprendizagem Computacional - -****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Lista de UCs condicionadas - Perfil em Aprendizagem Computacional*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****List of conditioned UCs - Profile in Computational Learning*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

-

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Aprendizagem Computacional Probabilística / Probabilistic Machine Learning	MCA	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Complementos de Investigação Operacional / Complements of Operational Research	MCA	Semestral	162	TP : 56h	6	UC opcional Cond.
Complementos de Visão por Computador / Advanced Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:14h; OT:14; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Computação Quântica / Quantum Computing	COMP	Semestral	162	T:28h ; PL:28h	6	UC opcional Cond.
Técnicas Computacionais de Detecção, Estimção e Identificação / Computational Techniques of Detection, Estimation and Identification	MCA	Semestral	162	T:14h ; PL:42h	6	UC opcional Cond.
Visão por Computador / Computer Vision	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional Cond.

**(6 Items)****Mapa III - Especialização em Energia – sem perfil - 1º ano / 1º semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Especialização em Energia – sem perfil*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Specialization in Energy – without profile*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 1º semestre****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica de Potência / Power Electronics	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-
Produção de Energia Elétrica / Electric Power Generation	ENERG	Semestral	162	T:28h ; TP:28h	6	-
Projetos de Instalações Elétricas / Electrical Installations	ENERG	Semestral	162	T:28h ; TP:28h	6	-
Regime Estacionário em SEE / Stationary State in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Máquinas Elétricas / Electric Machines	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Energia – sem perfil - 1º ano / 2º semestre

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Energia – sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Energy – without profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Gestão de Energia Elétrica / Electric Energy Management	ENERG	Semestral	162	T:42h; PL:14h	6	-
Regime Transitório em SEE / Transients in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

### Mapa III - Lista de UC condicionadas Especialização em Energia – sem perfil - 1º ano / 2º semestre

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Lista de UC condicionadas Especialização em Energia – sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*List of conditioned UC - Specialisation in Energy - no profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Acionamentos Elétricos / Electric Drives	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	UC Opcional Cond.
Mercados e Qualidade de Energia / Markets and Electric Energy Quality	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC Opcional Cond.
Redes Elétricas Inteligentes / Smart Grid)	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC Opcional Cond.
Seleção e Manutenção de Motores Elétricos / Selection and Maintenance of Electric Motors	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	UC Opcional Cond.
Automação de Processos Industriais/ Industrial Process Automation	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	UC Opcional Cond.

(5 Items)

**Mapa III - Especialização em Energia – sem perfil - 2º ano / 1º semestre**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Especialização em Energia – sem perfil*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Specialization in Energy – without profile*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 1º semestre*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável / Electric Energy and Sustainable Development	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Livre	-	Semestral	162	-	6	Unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

(5 Items)

**Mapa III - Lista de UC condicionadas Especialização em Energia – sem perfil - 2º ano / 1º semestre**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Lista de UC condicionadas Especialização em Energia – sem perfil*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*List of conditioned UC Specialization in Energy - no profile*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 1º semestre*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica de Potência para Veículos Elétricos / Power Electronics for Electric Vehicles	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	UC opcional Cond.
Gestão Inteligente de Energia em Edifícios / Intelligent Energy Management in Buildings	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional Cond.
Proteções e Fiabilidade em SEE / Protections and Reliability in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional Cond.
Tecnologias de Conversão de Energia Eólica e Fotovoltaica / Wind and Photovoltaic Energy Conversion Technologies	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	UC opcional Cond.
Comunicações nas Redes Elétricas Inteligentes / Smart Grid Communications	TEL	Semestral	162	TP:42h; OT:14h	6	UC opcional Cond.
Controlo Digital/Digital Control	RCS	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	UC opcional Cond.

**(6 Items)**

**Mapa III - Especialização em Energia – sem perfil - 2º ano / 2º semestre**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Especialização em Energia – sem perfil*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Specialization in Energy – without profile*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 2º semestre*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

**(1 Item)**

**Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Specialization in Energy – Energy Systems and Smart Grids*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica de Potência / Power Electronics	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-
Produção de Energia Elétrica / Electric Power Generation	ENERG	Semestral	162	T:28h TP:28h	6	-
Projetos de Instalações Elétricas / Electrical Installations	ENERG	Semestral	162	T:28h TP:28h	6	-
Regime Estacionário em SEE / Stationary State in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Máquinas Elétricas / Electric Machines	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Energy – Energy Systems and Smart Grids*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Gestão de Energia Elétrica / Electric Energy Management	ENER	Semestral	162	T:42h; PL:14h	6	-
Regime Transitório em SEE / Transients in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

### Mapa III - Lista de UCs condicionada - Perfil de Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Lista de UCs condicionada - Perfil de Sistemas de Energia e Redes Inteligentes*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*List of conditioned UCs - Profile of Power Systems and Smart Grids*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Mercados e Qualidade de Energia / Markets and Electric Energy Quality	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional cond.
Redes Elétricas Inteligentes / Smart Grid)	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional cond.
Automação de Processos Industriais/ Industrial Process Automation (3 Items)	RCS	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:10h	6	UC opcional cond.

**Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***Specialization in Energy – Energy Systems and Smart***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável / Electric Energy and Sustainable Development	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

**Mapa III - Lista UCs condicionadas – Perfil em Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Lista UCs condicionadas – Perfil em Sistemas de Energia e Redes Inteligentes***4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):***List of conditioned UCs - Profile in Power Systems and Smart Grids***4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

**2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Gestão Inteligente de Energia em Edifícios / Intelligent Energy Management in Buildings	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional Cond.
Comunicações nas Redes Eléctricas Inteligentes / Smart Grid Communications	TEL	Semestral	162	TP:42h; OT:14h	6	UC opcional Cond.
Proteções e Fiabilidade em SEE / Protections and Reliability in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional Cond.

(3 Items)

**Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester**

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Energia – Sistemas de Energia e Redes Inteligentes*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Energy – Energy Systems and Smart Grids*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

(1 Item)

**Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester**

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Energy – Power Control Systems*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------	--------------------------------

Eletrónica de Potência / Power Electronics	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-
Produção de Energia Elétrica / Electric Power Generation	ENERG	Semestral	162	T:28h TP:28h	6	-
Projetos de Instalações Elétricas / Electrical Installations	ENERG	Semestral	162	T:28h TP:28h	6	-
Regime Estacionário em SEE / Stationary State in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Máquinas Elétricas / Electric Machines	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Energy – Power Control Systems*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Gestão de Energia Elétrica / Electric Energy Management	ENERG	Semestral	162	T:42h; PL:14h	6	-
Regime Transitório em SEE / Transients in Electrical Power Systems	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional disponível em lista a ser definida anualmente

(5 Items)

### Mapa III - Lista de UCs condicionadas - Perfil em Sistemas de Controlo de Potência - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Lista de UCs condicionadas - Perfil em Sistemas de Controlo de Potência*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*List of conditioned UCs - Profile in Power Control Systems*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Acionamentos Eléctricos / Electric Drives	ENERG	Semestral	162	T:28; TP:14; PL:14	6	Opção Cond.
Seleção e Manutenção de Motores Eléctricos / Selection and Maintenance of Electric Motors	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	Opção Cond.

(2 Items)

**Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*Specialization in Energy – Power Control Systems*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável / Electric Energy and Sustainable Development	ENERG	Semestral	162	TP:56h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista de UCs opcionais condicionadas
Opção Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14h	6	UC anual

(5 Items)

**Mapa III - Lista UC condicionadas - Perfil Sistemas de Controlo de Potência - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester**

**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
*Lista UC condicionadas - Perfil Sistemas de Controlo de Potência*

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
*List of conditioned UCs - Profile in Power Control Systems*

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica de Potência para Veículos Elétricos / Power Electronics for Electric Vehicles	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:14h; PL:14h	6	UC opcional cond.
Tecnologias de Conversão de Energia Eólica e Fotovoltaica / Wind and Photovoltaic Energy Conversion Technologies	ENERG	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	UC opcional cond.
Controlo Digital/Digital Control (3 Items)	RCS	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.

### Mapa III - Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Energia – Sistemas de Controlo de Potência*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Energy – Power Control Systems*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14h	30	UC anual

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Telecommunications – without profile*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica para Telecomunicações/ Electronic for Telecommunications	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Redes de Comunicação / Communication Networks Engineering	TEL	Semestral	162	TP:56h	6	-
Fundamentos de Sistemas de Comunicação/ Fundamentals of Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:38h; PL:18h	6	-

Processamento Digital de Sinal/ Digital Signal Processing	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Teoria da Informação e Codificação/ Information and Coding Theory	TEL	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications – without profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Sistemas de Comunicação Digital/ Digital Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Tecnologias de Redes de Comunicação/ Communication Networks Technology	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Transmissão de Informação Multimédia/ Multimedia Transmission	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Condicionada	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas

(5 Items)

### Mapa III - Lista UC condicionadas Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Lista UC condicionadas Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*List of conditioned UC Specialization in Telecommunications - no profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------	--------------------------------

Engenharia de Microondas e Antenas/Antennas and Microwave Engineering	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.
Internet das Coisas/Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.
Redes Resilientes/Resilient Networks	TEL	Semestral	162	TP:56h	6	UC opcional cond.
Sistemas de Comunicação Óticos/Optical Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:38h; PL:18h	6	UC opcional cond.

(4 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications – without profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Segurança em Redes de Comunicações/Security in Communication Networks	TEL	Semestral	162	T:28; PL:28h	6	-
Opção Cond.	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Opção Cond.	-	Semestral	162	-	6	Ver lista UCs opcionais condicionadas
Optional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação/Dissertation	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Lista UCs condicionadas Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Lista UCs condicionadas Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*List of conditioned UCs Specialization in Telecommunications - no profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Comunicações Móveis/ Mobile Communications	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.
Comunicações nas Redes Eléctricas Inteligentes/Smart Grid Communications	TEL	Semestral	162	TP:42h; OT:14h	6	UC opcional cond.
Processamento Avançado de Vídeo/Advanced Video Processing	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.
Redes de Transporte e Acesso da Próxima Geração/ Next Generation Transport and Access Networks	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.
Sistemas Rádio Definidos por Software/ Software Defined Radio Systems	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional cond.

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações - sem perfil - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações - sem perfil*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications – without profile*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

(1 Item)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica para Telecomunicações/ Electronic for Telecommunications	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Redes de Comunicação / Communication Networks Engineering	TEL	Semestral	162	TP:56h	6	-

Fundamentos de Sistemas de Comunicação/ Fundamentals of Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:38h; PL:18h	6	-
Processamento Digital de Sinal/ Digital Signal Processing	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Teoria da Informação e Codificação/ Information and Coding Theory	TEL	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Engenharia de Microondas e Antenas/Antennas and Microwave Engineering	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Sistemas de Comunicação Digital/ Digital Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Sistemas de Comunicação Óticos/Optical Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:38h; PL:18h	6	-
Tecnologias de Redes de Comunicação/ Communication Networks Technology	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Transmissão de Informação Multimédia/ Multimedia Transmission	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Comunicações Móveis/ Mobile Communications	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Segurança em Redes de Comunicações/Security in Communication Networks	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Sistemas Rádio Definidos por Software/ Software Defined Radio Systems	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Optional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação/Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC anual

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Telecomunicações – Comunicações Móveis e Óticas*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Telecommunications - Wireless and Optical Communications*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços - 1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester

#### 4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

*Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços*

#### 4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

*Specialization in Telecommunications - Networks and Services*

#### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º ano / 1º semestre; 1st year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica para Telecomunicações/ Electronic for Telecommunications	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Engenharia de Redes de Comunicação / Communication Networks Engineering	TEL	Semestral	162	TP:56h	6	-

Fundamentos de Sistemas de Comunicação/ Fundamentals of Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:38h; PL:18h	6	-
Processamento Digital de Sinal/ Digital Signal Processing	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Teoria da Informação e Codificação/ Information and Coding Theory	TEL	Semestral	162	T:28h; TP:28h	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços - 1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications - Networks and Services*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*1º ano / 2º semestre; 1st year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Internet das Coisas/Internet of Things (IoT)	COMP	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Redes Resilientes/Resilient Networks	TEL	Semestral	162	TP:56h	6	-
Sistemas de Comunicação Digital/Digital Communication Systems	TEL	Semestral	162	TP:28h; PL:28h	6	-
Tecnologias de Redes de Comunicação/ Communication Networks Technology	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Transmissão de Informação Multimédia/ Multimedia Transmission	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-

(5 Items)

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços - 2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications - Networks and Services*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 1º semestre; 2nd year / 1st semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Comunicações para as Redes Eléctricas Inteligentes/Smart Grid Communications	TEL	Semestral	162	TP:42; OT:14h	6	-

Redes de Transporte e Acesso da Próxima Geração/ Next Generation Transport and Access Networks	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Segurança em Redes de Comunicações/Security in Communication Networks	TEL	Semestral	162	T:28h; PL:28h	6	-
Optional Livre	-	Semestral	162	-	6	unidade curricular opcional livre
Dissertação/Dissertation (5 Items)	CTEEC	Anual	162	OT:14	6	UC Anual

### Mapa III - Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços - 2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Especialização em Telecomunicações – Redes e Serviços*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Specialization in Telecommunications - Networks and Services*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
*2º ano / 2º semestre; 2nd year / 2nd semester*

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação / Dissertation (1 Item)	CTEEC	Anual	810	OT:14	30	UC anual

### Mapa III - Lista de possíveis UCs opcionais oferecidas - todas as especializações - -

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
*Lista de possíveis UCs opcionais oferecidas - todas as especializações*

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
*Example of optional CUs offered - all specializations*

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
-

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Compatibilidade Eletromagnética	ENERG	SEM	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional de lista aberta
Elementos Finitos Aplicados Engenharia Eletrotécnica	ENERG	SEM	162	T:28h; PL:28h	6	UC opcional de lista aberta
Controlo Não Destrutivo	RSC	SEM	162	T:14h; PL:14h; TC:28h	6	UC opcional de lista aberta
Fundamentos de Investigação Operacional (4 Items)	MCA	SEM	162	TP:56h	6	UC opcional de lista aberta

#### 4.4. Unidades Curriculares

---

##### Mapa IV - Acionamentos Eléctricos

###### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Acionamentos Eléctricos*

###### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Electric Drives*

###### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*ENERG*

###### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

###### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

###### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28; TP:14; PL:14*

###### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

###### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

###### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

###### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Sérgio Manuel Ângelo da Cruz; T:28; TP:13; PL:15*

###### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*<sem resposta>*

###### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Após a frequência desta unidade curricular o estudante deverá conhecer, seleccionar e aplicar adequadamente os diversos componentes de um acionamento eléctrico, designadamente os respetivos componentes eléctricos, electrónicos e mecânicos. Deverá ainda ser capaz de aplicar a teoria generalizada das máquinas eléctricas no desenvolvimento e implementação de sistemas de controlo vetorial da velocidade/posição das máquinas eléctricas de corrente alternada usadas na indústria na atualidade. Por último, pretende-se que o aluno adquira uma visão transversal/integradora dos conhecimentos associados à área das máquinas eléctricas, eletrónica de potência e controlo.*

###### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*After enrolling in this curricular unit, the student should be able to recognize, select and apply adequately the different components of an electric drive, especially its electric, electronic and mechanical components. He should be able to apply the generalized theory of electric machines in the development and implementation of vector control systems of the ac machines used in industry nowadays. Lastly, students should get a transversal/integrated view of the knowledge associated to the fields of electric machines, power electronics and control.*

###### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução aos acionamentos eléctricos. Estudo do sistema mecânico do acionamento.*

*Teoria generalizada das máquinas eléctricas: fasor espacial - definição e propriedades básicas; equações de tensão, fluxo, potência e binário das máquinas síncronas e assíncronas; mudanças de referencial; Transformação alfa-beta-zero e Transformação de Park.*

*Variação de velocidade e controlo escalar: funcionamento das máquinas de indução a frequência variável; métodos de*

*variação de velocidade; controlo escalar. Arrançadores suaves.*

*Controlo vetorial: fundamentos de controlo vetorial; controlo por orientação do campo rotórico (RFOC) e controlo direto de binário (DTC) de motores de indução trifásicos e motores síncronos de ímanes permanentes (PMSMs).*

*Controlo preditivo de acionamentos elétricos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Introduction to electric drives. Study of the mechanical system of an electric drive.*

*Generalized theory of electric machines: space phasor – definition and basic properties; equations of voltage, flux, power and torque of synchronous and asynchronous machines; reference frame transformations; alfa-beta-zero transformation; Park transformation.*

*Speed variation and scalar control: operation of asynchronous motors at variable frequency; methods of speed control of three-phase induction machines; scalar control. Soft-starters.*

*Vector control: fundamentals of vector control; rotor field oriented control (RFOC) and direct torque control (DTC) of three-phase induction motors and permanent magnet synchronous motors (PMSMs). Predictive control of electric drives.*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Sendo o principal objetivo desta unidade curricular o estudo dos sistemas de variação de velocidade de motores síncronos e assíncronos, o programa começa com o estudo da parte mecânica do acionamento elétrico, passando de seguida para o estudo da teoria generalizada das máquinas elétricas, a qual fornece as ferramentas teóricas necessárias para a compreensão e implementação de sistemas de variação de velocidade de um acionamento elétrico atual, baseado em controlo vetorial. São abordadas as estratégias de variação de velocidade mais simples, como o controlo V/f, passando de seguida para as estratégias de variação de velocidade mais avançadas, nomeadamente aquelas que se baseiam no RFOC, DTC e controlo preditivo*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Being the main goal of this curricular unit the study of speed control systems for synchronous and asynchronous motors, the syllabus starts with the analysis of the mechanical part of an electric drive, followed by the study of the generalized theory of electric machines, which provides the analytic tools needed for the full understanding and ability to implement in practice the control system of a modern electric drive based on vector control. The simplest speed control strategies like V/f control are addressed, followed by the study of more advanced control strategies such as RFOC, DTC and predictive control.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, no quadro e com o auxílio de slides em Powerpoint, para exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais sobre a matéria lecionada. Aulas teórico-práticas para resolução de exercícios ilustrativos da aplicação dos conceitos teóricos a situações práticas do mundo da engenharia. Nestas aulas é ainda usado o software Matlab/Simulink para simulação do comportamento dos sistemas estudados. Aulas laboratoriais para validação experimental dos conceitos teóricos e práticos abordados na unidade curricular*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical lectures in the black board and with the aid of Powerpoint slides for the presentation of the concepts, principles and fundamental theories about the topics covered in the curricular unit. Theoretical-practical classes to solve problems and exercises that illustrate the application of the theoretical concepts to real cases in the engineering world. In these classes, some simulations in Matlab/Simulink environment are performed to simulate the behaviour of the systems under study. Laboratory classes to validate the theoretical and practical concepts addressed in the curricular unit*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os métodos de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento das suas competências técnicas específicas e pessoais.*

*Os temas objeto de estudo são apresentados de forma positiva nas aulas teóricas e aplicados nas aulas teórico-práticas para compreensão dos fundamentos teóricos subjacentes aos acionamentos elétricos. Os conceitos são posteriormente consolidados com o desenvolvimento e uso de modelos de simulação computacional. Estão assim criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico e em aplicar na prática os conhecimentos transmitidos.*

*Nas aulas laboratoriais, são realizados diversos trabalhos experimentais, onde se pretende que o aluno valide os conhecimentos teóricos adquiridos, procurando ainda fomentar o espírito crítico na interpretação de eventuais discrepâncias entre resultados previstos teoricamente e resultados experimentais.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methods adopted are aimed at engaging students in the learning process and in their personal*

*development, thus leading to the development of technical and personal skills.*

*The topics covered in the unit are presented in theoretical lectures and applied in the theoretical-practical classes for the comprehension of the fundamental theory about electric drives. The concepts are consolidated later on with the development and use of computer simulation models. Hence, there are conditions for the development of competencies in problem solving, critical reasoning and application of the theoretical knowledge in practice.*

*In the laboratory classes, experimental work is carried out for the validation of the theoretical concepts learned before, and to foster critical thinking in students by motivating them to analyse eventual discrepancies between results predicted theoretically and experimental data*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*J. Pyrhönen, V. Hrabovcová, R. Semken: "Electrical Machine Drives Control - An Introduction", John Wiley & Sons, 2016.*

*H. Abu-Rub, A. Iqbal, J. Guzinski: "High Performance Control of ac Drives with Matlab/Simulink Models", John Wiley & Sons, 2012.*

*S. K. Sul: "Control of Electric Machine Drive Systems", Wiley-IEEE Press, New Jersey, 2011*

### Mapa IV - Aprendizagem Computacional Avançada

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Aprendizagem Computacional Avançada*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Advanced Machine Learning*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*MCA*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T: 30; PL: 30; O: 2*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Ernesto Jorge Fernandes Costa, T: 30; O: 2*

#### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Nuno António Marques Lourenço; PL:30*

#### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Esta UC destina-se a introduzir com rigor aspectos mais recentes e avançados na área de aprendizagem computacional, incluindo conjuntos, aprendizagem por reforço, aprendizagem profunda e aprendizagem de inspiração na natureza. Também serão afluídos, embora de modo mais superficial, aspectos relacionados com a engenharia de características e o desenho de experiências e análise de dados.*

**No final do curso o estudante terá uma visão geral do problema da transformação de dados em conhecimento, dominando as técnicas mais recentes de aprendizagem pela máquina, e estará em condições de desenhar, implementar, testar e validar, soluções para problemas do mundo real que requerem aprendizagem automática pela máquina.**

**Por último, mas não menos importante, o estudante consolidará as suas competências comunicacionais de análise e síntese, escrita e oral, e de trabalho em grupo.**

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

***This course will present and discuss with rigor the most recent algorithmic advances in machine learning, including ensembles, deep learning and evolutionary machine learning. Moreover, some other important aspects like feature engineering and the design of experiments and data analysis will be discussed.***

***By the end of the course, the student will have a general overview and a practical experience on how to transform data into knowledge, and will master the most recent techniques of machine learning. He/she will be capable of design, implement, test and validate solutions for real world problems that require machine learning.***

***Last but not the least, the student will consolidate his/her communicational competences of analysis and synthesis, written and spoken, and of group work***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução: o problema da ciência dos dados**
- 2. Algoritmos fundamentais**
- 3. Modelos baseado em conjuntos: bagging, random forests, boosting, stacking**
- 4. Características: transformação, construção e selecção**
- 5. Aprendizagem por Reforço**
- 6. Aprendizagem Profunda**
- 7. Aprendizagem de Inspiração Biológica**
- 8. Desenho de Experiências e Análise de Dados**
- 9. Aplicações**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction: the data science problem**
- 2. Fundamentals Algorithms**
- 3. Ensembles: bagging, random forests, boosting, stacking**
- 4. Features: transformations, construction, selection**
- 5. Reinforcement Learning**
- 6. Deep Learning**
- 7. Evolutionary Machine Learning**
- 8. Design of Experiments and Data Analysis**
- 9. Applications**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

***Os dois primeiros pontos destinam-se a fazer uma passagem breve pelo tema da ciência dos dados (ponto 1.) e pelos algoritmos clássicos fundamentais (ponto 2.). O ponto 3., apresenta e discute as várias alternativas ao problema do uso de mais do que uma técnica de AM, procurando identificar as condições para o seu sucesso. O ponto 4., discute o tópico da aprendizagem por reforço que tem vindo a ganhar interesse crescente em parte relacionada com a possibilidade de ter sistemas de aprendizagem independentes de modo amplo do humano. A aprendizagem profunda (ponto 5.) é um tema incontornável à luz dos sucessos recentes em aplicações de visão ou de linguagem natural. A aprendizagem pela máquina de inspiração biológica (ponto 7.) irá dar uma ideia alternativa para o desenho de soluções complexas, incluindo a sua hibridização com aprendizagem profunda. O ponto 8. trata da questão central de desenho de experiências e validação de resultados. O último ponto tratará de vários exemplos***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

***The first two topics deal with an overview of the process of data science (point 1) and a review of the classical fundamental algorithms (point 2). Point 3 discuss the different alternatives to the use of ensembles of (different) techniques, while at point 4 we will address the topic of reinforcement learning that make possible an autonomous learning system. The different aspects of deep learning will be treated in point 5, while point 7 will introduce the new area of evolutionary machine learning and how evolutionary techniques can be used in connection with deep learning. The design of experiments and data analysis (point 8) is a must for a designer. Finally, in point 9. examples from different applicational domains will help the students to consolidate their knowledge and will prepare them to solve real world problems outside academia***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

***Nas aulas teóricas (T) serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, as teorias e os algoritmos. As PL destinam-se a exercitar e consolidar o que foi aprendido nas T, sob supervisão do docente. A avaliação terá três componentes. Uma primeira, envolve a leitura de trabalhos de investigação já publicados, e posterior síntese escrita. Uma segunda, consiste num projecto prático relacionado com as técnicas e/ou uma aplicação concreta. Uma terceira componente, consistirá num exame escrito que avaliará a compreensão teórica do estudante.***

#### **4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***During the lectures (T) the concepts, the theories, the algorithms will be presented and discussed. In the lab classes (PL) students will consolidate what was learned in T. The practical work will be done under the supervision of the teacher. Grading will be based on three components: (1) study and a written synthesis of a research paper; (2) a small project involving the techniques and/or a practical problem; (3) a written exam to assess students' knowledge about the subject of ML.***

#### **4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

***Esta disciplina tem uma componente teórica importante. Daí que a síntese de um trabalho de investigação e um exame escrito sejam componentes fundamentais da avaliação. No entanto sabemos que a uma maneira importante de consolidar as ideias teóricas e sua projecção para a resolução de problemas, é através da prática guiada por princípios. Daí a existência de um projecto prático e das aulas PL apoiadas por um docente. A participação activa nas aulas T e PL deve ser incentivada e, por isso, uma parte da avaliação final resulta dos contributos dados pelos estudantes nas aulas.***

***Também se pretende que o estudante desenvolva competências não técnicas, nomeadamente a capacidade de análise e de síntese, de comunicação escrita e oral, de trabalho de grupo, de resolução de problemas, de raciocínio crítico e de criatividade. A diversidade de práticas de ensino e de aprendizagem da disciplina contribuem de modo claro para esse objectivo.***

#### **4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The course has an important theoretical flavor. For that reason the synthesis of a research paper together with the written exam is an important elements of students' grading. Nevertheless, we know that the best way to consolidate theoretical ideas, and how they can be applied to problems, is by principle-guided practice. So the project and the PL will fulfill this role. In the latter case, the work will have the teacher's help. We will also promote the students' participation in class (T and PL) and will evaluate and grade that participation.***

***We will promote the acquisition of soft-skills by the students, namely, the analytic and synthetic capabilities, the written and oral communication, the capacity to participate in a group work, the problem solving competence, the critical reasoning and creativity. The diverse activities involved in teaching and learning clearly contribute for the goal of soft-skills proficiency.***

#### **4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Peter Flach, *Machine Learning: the art and science of algorithms that make sense of data*, Cambridge University Press, 2012.
- Éthem Alpaydin, *Introduction to Machine Learning (2nd Edition)*, MIT Press. 2010.
- Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, *Reinforcement Learning: an introduction (2nd Edition)*, MIT Press, 2018.
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, *Deep Learning*, MIT Press 2016.
- Hitoshi Iba, *Evolutionary Approaches to Machine Learning and Deep Neural Networks*, Springer, 2018.

### **Mapa IV - Aprendizagem Computacional Probabilística**

#### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Aprendizagem Computacional Probabilística***

#### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Probabilistic Machine Learning***

#### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***RSC***

#### **4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

#### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28; PL:28****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Cristiano Premebida; T:28; PL:14****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Urbano José Carreira Nunes Nunes; PL:14****Paulo José Monteiro Peixoto; PL:14****João Pedro de Almeida Barreto; PL:14****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Esta UC destina-se a introduzir os aspetos mais recentes e avançados na área da aprendizagem computacional probabilística, com ênfase em sistemas robóticos autónomos e automação. Inclui tópicos relacionados a probabilidade, inferência Bayesiana, regressão, sistemas variantes no tempo, redes Bayesianas, redes Bayesianas dinâmicas, técnicas e algoritmos de aprendizagem e decisão. Também serão ensinados aspetos relacionados com fusão sensorial, condução autónoma, robótica móvel, perceção robótica, automação inteligente. No final do curso o estudante terá uma visão geral do problema da transformação de dados em conhecimento, dominando as técnicas mais recentes de aprendizagem computacional probabilística numa perspetiva aplicada à robótica e automação, e estará em condições de desenhar, implementar, testar e validar soluções para problemas do mundo real. Por último, mas não menos importante, o estudante consolidará as suas competências comunicacionais de análise e síntese, escrita e oral,***

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

***The aim of this module is for the students to understand the fundamentals of probabilistic machine learning (ML) and their applications in robotics and automation engineering problems. This module will introduce and discuss modern learning techniques, random variables, uncertainty, algorithms, time-varying problems, and Bayesian inference in a machine learning perspective. Content wise, this module will cover: probabilistic inference, Bayesian Networks (BN), Dynamic Bayesian Networks (DBN), ML applied to regression (dynamic) problems, decision-making, advanced sensor/data fusion.***

***By the end of the module, the student will have a significant understanding and a practical experience on how to formulate and solve real problems and will master the most recent techniques of machine learning as well. He/she will be capable of designing, implementing, testing and validating solutions for real-world engineering problems related to robotics, autonomous systems and automation, based on a probabi***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Introdução: aprendizagem computacional em sistemas robóticos, automação, condução autónoma e sistemas dinâmicos**

**2. Probabilidade e processos estocásticos**

**3. Modelos probabilísticos e inferência Bayesiana**

**4. Regressão linear e não-linear (modelos variantes no tempo)**

**5. Redes Bayesianas**

**6. Redes Bayesianas Dinâmicas (DBN)**

**7. Aprendizagem computacional probabilística**

**8. ROS, aplicações (robótica, condução autónoma, automação, combinação de modelos)**

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Introduction: probabilistic ML applied to robotics, autonomous driving, dynamic systems, and automation**

**2. Probability and stochastic processes**

3. **Fundamentals of cost functions**
4. **Linear and non-linear regression (ML perspective)**
5. **Probabilistic models, Bayesian inference**
6. **Bayesian Networks (BN)**
7. **Dynamic BN (DBN)**
8. **Probabilistic machine learning**
9. **Applications, ROS, case studies related to robotics, autonomous driving, automation, combining methods**

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *O primeiro tópico destina-se a fazer uma breve, mas representativa, introdução ao tema da aprendizagem probabilística em problemas relacionados a robótica e automação (ponto 1.). O ponto 2 apresenta os fundamentos de probabilidade e incerteza. O ponto 3 introduz o tema relacionado a funções de custo (numa perspetiva probabilística). O ponto 4 trata da formulação de problemas de regressão e variação no tempo. Os pontos 5, 6 e 7 centram-se na temática da inferência Bayesiana clássica e temporal. O ponto 8 centra-se em algumas técnicas e algoritmos de aprendizagem computacional probabilística. Finalmente, o último ponto trata de exemplos práticos e reais.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *The first topic introduces the principles and provides an overview of probabilistic learning applied to problems related to intelligent robots, autonomous driving, automation processes (point 1). Topic 2 covers the fundamentals of probability, r.v, probability distributions, stochastic processes, while topic 3 approaches the cost-functions domain. Topic 4 discusses linear and non-linear regression problems (in a ML ie, data-driven perspective). Topics 5, 6 and 7 review and present Bayesian inference, BN and DBN techniques. Probabilistic machine learning techniques, methods and algorithms will be learned after completion of topic 8. Finally, in topic 9, practical and representative case-studies related to ROS, robotics, autonomous driving, sensor-fusion, and automation will be addressed.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): *Nas aulas teóricas (T) serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, teorias e algoritmos relacionados a aprendizagem, inferência e regressão probabilísticas. As PL destinam-se a implementar algoritmos e técnicas, e consolidar o que foi aprendido nas T. A avaliação terá três componentes: (i) envolve a entrega de um relatório conciso ou uma apresentação oral; (ii) consiste num projeto prático relacionado com as técnicas e/ou uma aplicação concreta (ie, caso de estudo); (iii) consistirá num exame escrito que avaliará a compreensão teórica do estudante.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): *The lectures (T) will cover key concepts, theories, techniques and algorithms related to probabilistic machine learning, Bayesian inference and regression. The practical lectures (PL), an important part of the module, will provide opportunities to consolidate what has been learned during the lectures (T). The practical work (ie, coursework) will be done under the supervision of the Lecturer and/or teaching assistant(s). Marking (ie, grading) will be based essentially on 3 components: (i) a short report or presentation; (ii) concise project related to a practical problem; (iii) written exam.*

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A disciplina ACP tem uma componente teórica importante. Daí que a síntese de um trabalho de investigação e um exame escrito sejam componentes fundamentais da avaliação. No entanto, sabemos que uma maneira importante de consolidar as ideias teóricas e sua projeção para a resolução de problemas é através da prática guiada por princípios e fundamentos. Daí a existência de um projeto prático e das aulas PL (Laboratoriais) apoiadas por um docente. A participação ativa nas aulas T e PL deve ser incentivada e, por isso, uma parte da avaliação final resulta dos contributos dados pelos estudantes nas aulas. Adicionalmente, esta UC pretende que o estudante desenvolva competências não técnicas, nomeadamente a capacidade de análise e de síntese, de comunicação escrita e oral, de trabalho de grupo, de resolução de problemas, de raciocínio crítico e de criatividade. A diversidade de práticas de ensino e de aprendizagem da disciplina contribuem de modo claro para esse objetivo.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *This module (Probabilistic ML) comprises a theoretical and a practical component related to recent and real-world examples in advanced robotics, autonomous driving, applied ML and probability inference. Consequently, the synthesis of a research short-report together with written exam constitute an important element of students' grading (marking) and engagement. It is well-known that an optimal way to consolidate theoretical ideas, and how they can be applied to realistic engineering problems, is by principle-guided practice/hands-on. Therefore, the practical report and the PL (Lab sessions) will fulfil this role. In the latter case, the work will have the Lecturer and/or teaching assistant(s) support. We will also promote the students' participation in the lectures (T and PL) and will evaluate and grade (ie, marking scheme) the student's participation and engagement. We will promote the acquisition of soft-skills by the students, namely, the analytic and synthetic capabilities, the w*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
**Kevin P. Murphy "Machine Learning: a Probabilistic Perspective", the MIT Press (2012)**

*A. Papoulis, S.U. Pillai. "Probability, Random Variables and Stochastic Processes", (2002)*  
*Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox. "Probabilistic robotics", MIT Press, (2006)*  
*Jerome H. Friedman, Robert Tibshirani, and Trevor Hastie. "The Elements of Statistical Learning", (2009)*  
*David Barber "Bayesian Reasoning and Machine Learning", Cambridge University Press (2012)*  
*Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, "Deep Learning", MIT Press (2016)*  
*Christopher M. Bishop "Pattern Recognition and Machine Learning". Springer (2006)*  
*Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. "Reinforcement Learning, An Introduction" (2018)*

#### Mapa IV - Aprendizagem Profunda Aplicada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Aprendizagem Profunda Aplicada*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Applied Deep Learning*

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:  
*MCA*

4.4.1.3. Duração:  
*Semestral*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:28; PL:28*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:  
*<no answer>*

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
*João Pedro de Almeida Barreto; T:28; PL:28*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*Fernando Manuel dos Santos Perdigão, PL:7*  
*Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista, PL:7*  
*Paulo José Monteiro Peixoto, PL:7*  
*Urbano José Carreira Nunes, PL:7*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*Esta disciplina pretende ser uma abordagem prática a uma técnica de aprendizagem máquina incontornável que é a aprendizagem profunda, em que o foco está no "como fazer" ao mesmo tempo que se explicam os fundamentos teóricos básicos. Os mini-projetos ou tarefas tuteladas exploram conceitos-chave e aplicações simples, enquanto que o projeto final permite uma exploração aprofundada de uma área de aplicação específica. No final da unidade curricular, o aluno terá uma visão geral da aprendizagem profunda e suas aplicações, com ênfase especial em aplicações em visão computacional e robótica. O aluno também terá um conhecimento prático de vários tipos de redes neurais, será capaz de implementá-las e treiná-las, e terá uma compreensão qualitativa de seu funcionamento interno*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*This course aims to be a hands-on approach to a machine learning technique called deep learning, focusing on the*

*'how-to' while covering the basic theoretical foundations. The assignments explore key concepts and simple applications, and the final project allows an in-depth exploration of a particular application area. By the end of the course, the student will have an overview on the deep learning landscape and its applications with particular emphasis in computer vision and robotics. The student will also have a working knowledge of several types of neural networks, be able to implement and train them, and have a qualitative understanding of their inner workings.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Introdução

##### 2. Redes neuronais e aprendizagem profunda

- Conceitos de base
- Introdução às redes neuronais
- Abordagens profundas vs "rasas"

##### 3. Redes neuronais convolucionais (CNNs)

- Blocos de construção
- Arquiteturas populares
- Técnicas de treino
- Visualização para compreender redes neuronais e fazer "debug"
- Aplicações em deteção de objetos e segmentação semântica

##### 4. Redes neuronais Recorrentes (RNNs)

- Modelação sequencial com RNNs
- Redes recorrentes fechadas (GRUs) e memória de curto prazo (LSTMs)
- Aplicações em modelação de idiomas e legendagem de imagens

##### 5. Modelos generativos

- Modelos autoregressivos: o caso do PixelCNN
- AutoEncoders Variacionais (VAEs)
- Redes adversas generativas (GANs)
- Aplicações em síntese de imagens

##### 6. Aprendizagem por Reforço Profundo (Deep RL)

- Introdução a Deep RL
- Aplicações em robótica

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Introduction

##### 2. Neural Networks and Deep Learning

- Background concepts
- Introduction to Neural Networks
- Deep vs "Shallow" Approaches

##### 3. Convolutional Neural Networks (CNNs)

- Building blocks
- Popular architectures
- Training techniques
- Visualizing, explaining and debugging neural networks
- Applications in object detection and semantic segmentation

##### 4. Recurrent Neural Networks (RNNs)

- Sequential modeling with RNNs
- Gated recurrent networks (GRUs) and Long short-term memory (LSTMs)
- Applications in language modeling and image captioning

##### 5. Generative models

- Autoregressive models: The case of PixelCNN
- Variational AutoEncoders (VAEs)
- Generative Adversarial Networks (GANs)
- Applications in image syntehsis

##### 6. Deep Reinforcement Learning (Deep RL)

- Introduction to Deep RL
- Applications in robotics

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O ponto 2 contextualiza a Aprendizagem Profunda (AP) no âmbito mais lato da Aprendizagem Máquina (AM): começa por rever classificação linear com ênfase em modelos de treino com perceptrões, introduz Redes Neurais (NN) multi-camadas e treino com "bak-propagation", e termina comparando AP com as abordagens "rasas" convencionais. O ponto 3 aborda as CNNs comumente usadas em tarefas de classificação, detecção e segmentação de imagens: apresenta os blocos de construção e as arquiteturas mais populares, discute métodos de treino como "data augmentation" e aprendizagem pro transferência, e termina com métodos de visualização que permitem entender o que está a fazer uma certa CNNs. O ponto 4 concentra-se nas RNNs usadas em problemas que exigem modelação sequencial como compreensão de linguagem. O ponto 5 apresenta modelos generativos, como VAEs e GANs, com aplicações na síntese de imagens e, finalmente, o ponto 6 fornece uma visão rápida do Deep RL usado em robótica.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Point 2 aims to contextualize Deep Learning (DL) in the broader field of Machine Learning (ML): it starts by a reviewing linear classifiers and the perceptron training algorithm, it introduces multi-layer Neural Networks (NN) with training using back-propagation, and it ends with confronting DL with conventional "shallow" approaches. Point 3 addresses CNNs that are broadly used in image classification, detection and segmentation: it introduces building blocks and architectures, it discusses training methods including data augmentation and transfer learning, and it ends with visualisation techniques to understand and debug CNNs. Point 4 focuses in RNNs used in problems that require sequential modeling such as language understanding or image captioning. Point 5 introduces generative models such as VAEs and GANs with applications in image synthesis, and finally point 6 provides a quick overview Deep RL used in robotics*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Nas aulas teóricas (T) serão expostos e discutidos de modo crítico os conceitos, teorias e algoritmos que permitem realizar as 4 Tarefas Tuteladas (TTs) e o projeto final. As PL destinam-se a apresentar as infra-estruturas de hardware e software que suportam a aprendizagem profunda, sendo que o framework de software preferencial será PyTorch, e apoiar a realização das TTs e do projeto final. A avaliação será feita exclusivamente em função do desempenho do aluno na realização das 4 TTs e do projeto de forma a enfatizar o caráter aplicado da disciplina*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The theoretical classes (T) will expose and discuss the concepts, theories and algorithms that will support the 4 practical assignments (TTs) and the final project. The PLs are intended to present the hardware and software infrastructures for designing and training neural networks, as well as to monitor and support the execution of the assignments and the final project. The grading will depend exclusively on the student's performance in the assignments and final project in order to emphasize the hands-on approach of the course*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Esta disciplina tem uma componente teórica importante. Daí que a síntese de um trabalho de investigação e um exame escrito sejam componentes fundamentais da avaliação. No entanto sabemos que a uma maneira importante de consolidar as ideias teóricas e sua projecção para a resolução de problemas, é através da prática guiada por princípios. Daí a existência de um projecto prático e das aulas PL apoiadas por um docente. A participação activa nas aulas T e PL deve ser incentivada e, por isso, uma parte da avaliação final resulta dos contributos dados pelos estudantes nas aulas.*

*Também se pretende que o estudante desenvolva competências não técnicas, nomeadamente a capacidade de análise e de síntese, de comunicação escrita e oral, de trabalho de grupo, de resolução de problemas, de raciocínio crítico e de criatividade. A diversidade de práticas de ensino e de aprendizagem da disciplina contribuem de modo claro para esse objectivo.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The unit is hands on where the need of performing tasks motivates the study of theoretical concepts. The practical assignments are aligned with the contents of T classes, with each of the points 2 to 5 being motivated by a corresponding assignment. The final project will focus on an application to be chosen by the student according to his/her preference. There will be an effort to have some of the T-classes taught by researchers or industry professionals working in the field of DL. This will motivate the student and contribute for the proposal of relevant final projects.*

*The diversity of teaching and learning practices is intended to also contribute for the development of non-technical skills, namely the ability to analyze and synthesize, written and oral communication, group work, problem solving, critical thinking and creativity.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, Deep Learning, MIT Press 2016.*

- *F Chollet, Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017*
- *A Géron, Hands-on Machine Learning with Scikit-Leran and TensorFlow, O'Reilly, 2017*
- *David Forsyth, Applied Machine Learning, Springer, 2019*

#### Mapa IV - Arquitetura de Computadores

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular: *Arquitetura de Computadores*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit: *Computer Architecture*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere: *COMP*

##### 4.4.1.3. Duração: *Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho: *162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto: *T:28h; OT:28h*

##### 4.4.1.6. ECTS: *6*

##### 4.4.1.7. Observações: *<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations: *<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo): *Paulo Jorge Carvalho Menezes; T:28h; 2x(OT:28h)*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular: *<sem resposta>*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes): *Esta disciplina tem como objectivos introduzir as técnicas fundamentais em que se baseiam os sistemas computacionais atuais, desenvolver aptidões na análise dos benefícios de diferentes opções de projeto de sistemas computacionais, fornecendo as bases para o desenvolvimento de software explorando as características do hardware de suporte. As competências adquiridas nesta unidade curricular constituem as bases para o desenvolvimento de sistemas computacionais e aplicações de elevado desempenho.*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students): *This course objectives are: the introduction of the fundamental techniques that root current computing systems, the development of competencies in the analysis of the implications of the different options on a computing project, and provide experience in the development of software for such systems. The competencies acquired along this course enable the students to develop high performance computational systems and application.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos: *1. Fundamentos de Arquitetura de Computadores Revisão de conceitos básicos, Métricas de desempenho 2. Paralelismo ao nível das instruções*

**Execução e limitações ao paralelismo das instruções.**

**Optimização estática e dinâmica. Preditores, execução especulativa e redução de dependências.**

**3. Hierarquia de memória**

**Localidade espacial e temporal. Caches, organização e otimizações.**

**Proteção. Memória virtual e máquinas virtuais.**

**4. Extensões multimédia e processadores vectoriais**

**Vantagens do uso de instruções/arquiteturas vectoriais**

**Modificações nas arquiteturas dos processadores para suportar instruções vectoriais**

**5. Excepções, interrupções e suporte ao multiprocessamento.**

**6. Sistemas multiprocessador e paralelismo ao nível de tarefas**

**7. Arquiteturas de memória partilhada simétrica e assimétrica. Protocolos de consistência e sincronização em memória distribuída. MPI e OpenMP.**

**8. Armazenamento de dados.**

**Supportes e caracterização das falhas. Desempenho. Sistemas redundantes**

#### 4.4.5. Syllabus:

**1. Fundamentals of Computer Architecture**

**Basic concepts. Performance evaluation metrics**

**2. Instruction level parallelism**

**Instruction Level Parallelism limitations. Static and dynamic optimizations. Predictors, speculation and dependency reduction.**

**3. Memory hierarchy**

**Spatial and temporal locality. Cache organization and optimization.**

**Protection issues. Virtual memory and virtual machines.**

**4. Multimedia extensions and vectorial processors**

**Advantages of the vectorial instructions/architectures. Changes in processors architectures to support vectorial instructions.**

**5. Exceptions, interrupts and multiprocessing support.**

**6. Multiprocessor systems and task level parallelism**

**7. Symmetric and assymetric shared memory architectures.**

**Distributed shared memory and consistency issues. MPI and OpenMP**

**8. Data storage**

**Storage supports and types of faults. I/O performance. Redundant systems**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**Sendo o principal objetivo ensinar as técnicas que têm vindo a suportar o desenvolvimento de sistemas computacionais de elevado desempenho, o programa apresentado vai exactamente ao encontro deste objetivo. Por um lado leva o aluno a compreender a arquitetura dos processadores e as técnicas que permitem melhorar o seu desempenho através da execução paralela de instruções ou tarefas, por outro lado permite-lhes compreender como desenvolver software que tire o melhor partido possível dos mesmos processadores.**

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

**Being the principal target of this course to learn techniques that support the development of high-performance computing systems, the proposed syllabus goes straight in that direction. On one side it takes the student to understand the processors architecture and the techniques that are used to increase their performance through the parallel execution of instructions or threads, on the other side they are taught on how to develop software applications that exploit those processors' capabilities.**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**Aulas teóricas, recorrendo a meios audiovisuais, com exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação real.**

**Aulas laboratoriais onde os estudantes são guiados em aspetos específicos do desenvolvimento e análise dos resultados, permitindo-lhes explorar os conceitos através de exercícios práticos formativos e de avaliação.**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**Theoretical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.**

**Laboratory classes where the students are guided on specific aspects of development and consequent analysis of results, enabling them to explore the concepts via hands-on formative and assessment assignments.**

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua**

*valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. Nas aulas laboratoriais procura-se colocar o aluno em contacto com as técnicas e verificando através do desenvolvimento de trabalhos os conceitos aprendidos nas aulas teóricas.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

*In the laboratory classes, we aim at taking the student to contact with the techniques, and verifying their validity through the development of practical works.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*John L. Hennessy, David A. Patterson, Computer Architecture: A Quantitative Approach, 5th Edition, Morgan Kaufmann, 2011*

**Mapa IV - Automação de Processos Industriais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Automação de Processos Industriais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Industrial Process Automation*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; TP:14h; PL:14h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Rui Paulo Pinto da Rocha; T:28h; TP:14h; PL:14h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*A unidade curricular visa desenvolver nos alunos competências necessárias para a resolução de problemas de automação de processos industriais. Com este propósito, são abordados tópicos nucleares na área, nomeadamente linguagens de programação de autómatos programáveis de acordo com a norma IEC-61131-3; a modelação e análise de sistemas de automação industrial e de sistemas de eventos discretos (SEDs) em geral usando autómatos e redes de Petri; a análise e síntese de SEDs na forma de controladores de supervisão realizáveis em dispositivos industriais; as redes de comunicação industriais. É também introduzido o paradigma emergente "Indústria 4.0", conducente a uma crescente digitalização e customização da indústria*

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

*The course aims to develop in the students skills needed to solve problems of industrial process automation. With this purpose, nuclear topics in the area are addressed, namely the programming languages for programmable logic controllers (PLCs) according to the standard IEC-61131-3; modeling and analysis of industrial automation systems and discrete event dynamic systems (DEDS) in general using automata and Petri nets; the analysis and synthesis of DEDS in the form of supervisory controllers realizable in industrial devices; industrial communication networks. The emerging paradigm "Industry 4.0", leading to a growing digitalization and customization of industry, is introduced.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Introdução à automação de processos industriais**

**2. Autómatos Programáveis (Controladores Lógicos Programáveis)**  
Caraterísticas, arquitetura e funcionamento.

**3. Linguagens de programação padrão de APs: norma IEC-61131-3**  
Ladder Diagrams, Instruction List, Structured Text e Grafcet (Sequential Function Chart).

**4. Modelação e análise de Sistemas de Eventos Discretos (SEDs)**  
Formulação teórica. Autómatos. Redes de Petri: propriedades, análise, "decidability"; simulação.  
Complementaridade de Grafcets e Redes de Petri.

**5. Supervisão de sistemas de automação industrial e de SEDs**  
Interfaces homem-máquina industriais e SCADAs.  
Controlo supervisionado de SEDs.

**6. Redes de comunicação industriais**  
Redes de campo: Profibus; CAN; CANopen.  
Ethernet industrial: Modbus/TCP; Profinet.  
Redes industriais sem fios baseadas em IEEE 802.11 e IEEE 802.15.4.

**7. Fábricas digitais e indústria 4.0**  
Introdução ao paradigma "Indústria 4.0".  
Industrial Internet of Things.  
Robôs colaborativos

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Introduction to industrial process automation**

**2. Programmable Logic Controllers (PLCs)**  
Features, architecture and operation.

**3. Standard programming languages for PLCs: standard IEC-61131-3**  
Ladder Diagrams, Instruction List, Structured Text and Grafcet (Sequential Function Chart).

**4. Modeling and analysis of Discrete Event Dynamic Systems (DEDS)**  
Theoretical formulation. Automata. Petri Nets: properties, analysis, decidability, simulation.  
Complementary features of Grafcets and Petri Nets.

**5. Supervision of industrial automation systems and DEDS**  
Industrial human-machine interfaces and SCADA.  
Supervisory control of DEDS.

**6. Industrial communication networks**  
Fieldbus: Profibus; CAN; CANopen.

**Industrial Ethernet: Modbus/TCP; Profinet.**  
**Wireless industrial networks based on IEEE 802.11 and IEEE 802.15.4.**

**7. Digital manufacturing and industry 4.0**  
**Introduction to "Industry 4.0" paradigm.**  
**Industrial Internet of Things.**  
**Collaborative robots.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**Os conteúdos programáticos começam com uma introdução à automação de processo industriais. Em seguida, são abordadas as características gerais, arquitetura e operação de autómatos programáveis (APs), bem como as linguagens de programação de APs segundo a norma IEC-61131-3. A modelação, análise e controlo supervisionado de sistemas de automação industrial com base em redes de Petri são abordados nos tópicos seguintes da unidade curricular. Esta termina com o estudo de redes de comunicação industriais, que permitem a integração de múltiplos dispositivos industriais, e com uma introdução ao paradigma "Indústria 4.0"**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
**The course begins with an introduction to industrial process automation. Next, the general features, architecture and operation of programmable logic controllers (PLCs), as well as the programming languages of PLCs according to IEC-61131-3 are studied. The modeling, analysis and supervisory control of industrial automation systems based on Petri nets are addressed in the following topics of the course. It ends with the study of industrial communication networks, which allow integrating multiple industrial devices, and with an introduction to the "Industry 4.0" paradigm.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
**Aulas teóricas do tipo magistral com recurso a meios audiovisuais para apresentação teórica dos tópicos do programa.**  
**Aulas teórico-práticas para resolução de exercícios práticos relacionado com a programação de autómatos programáveis (APs) e a modelação e análise de sistemas de automação industrial e sistemas de eventos discretos em geral.**  
**Aulas práticas laboratoriais para a realização em grupo de trabalhos práticos envolvendo projeto e implementação de automatismos para processos industriais baseados em APs.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
**Lecture classes with detailed presentation of the topics of the syllabus using audiovisual means.**  
**Theoretical-practical classes to solve practical exercises related with PLCs programming, and modeling and analysis of industrial process automation and discrete event dynamic systems in general.**  
**Laboratory classes in which students execute small projects involving the design and implementation of automata for industrial processes using PLCs.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**A metodologia adotada procura envolver os estudantes num processo de aprendizagem contínua e assim desenvolver algumas competências genéricas de resolução de problemas, para além de competências técnicas de programação avançada de computadores**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
**The teaching methodology adopted seeks to engage students in a process of continuous learning and thus leading to the development, in addition to technical skills of advanced computer programming, of some generic skills of problem solving.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
**Mikell P. Groover, "Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing", 5th Edition, Pearson, 2019. ISBN: 978-0134605463**

**William Bolton, "Programmable Logic Controllers", 6th ed., O'Reilly, 2015. ISBN: 978-0128029299**

**Christos G. Cassandras, Stéphane Lafortune, "Introduction to Discrete Event Systems", Kluwer / Springer, 1999. ISBN: 978-0387333328**  
**COTA: UCFCT Biblioteca do Polo II, C0300-CAS/B**

**James Lyle Peterson, "Petri Net Theory and the Modelling of Systems", Prentice-Hall, 1981. ISBN: 978-0136619833**  
**COTA: UCFCT Biblioteca do Polo II, 1-2-1**

**Richard Zurawski (editor), "The Industrial Communication Technology Handbook", 2nd ed., Industrial Information**

*Technology series, CRC press, 2017. ISBN: 978-1138071810*

*Klaus Schwab, "The Fourth Industrial Revolution", Currency, 2017. ISBN: 978-1524758868*

#### Mapa IV - Compatibilidade Eletromagnética

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Compatibilidade Eletromagnética*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Electromagnetic Compatibility*

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:  
*ENERG*

4.4.1.3. Duração:  
*Semestral*

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*162*

4.4.1.5. Horas de contacto:  
*T:28h; PL:28h*

4.4.1.6. ECTS:  
*6*

4.4.1.7. Observações:  
*Optativa*

4.4.1.7. Observations:  
*Optative*

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
*António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra; T:14h; PL:14h*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*Tony Richard de Oliveira de Almeida; T:14h; PL:14h*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*Proporcionar aos alunos noções importantes de Compatibilidade Eletromagnética, fundamentais para o projeto de dispositivos e sistemas elétricos e eletrónicos, na ótica do circuito elétrico equivalente de forma a limitar as interferências eletromagnéticas. Estes conceitos serão aplicados na gama de frequências referente à condução e à radiação consideradas nas normas existentes*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*To understand important concepts of Electromagnetic Compatibility which are fundamental for the design of electrical systems and devices, from the point of view of the equivalent electric circuit, in order to minimize electromagnetic interference. These concepts will be applied to a frequency range covering conduction and radiation, according the applicable standards.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
*1. Introdução à Compatibilidade Eletromagnética (CEM). Normas aplicáveis.  
2. Linhas de Transmissão e Integridade de Sinal. Reflexões e refrações. Adaptação de cargas.  
3. Emissões conduzidas, radiadas e suscetibilidade eletromagnética. Medições.  
4. Diafonia (crosstalk). Modelo indutivo e modelo capacitivo. Redução do crosstalk.*

5. **Comportamento não ideal de componentes passivos: condutores, resistências, indutâncias e capacidades em baixa e alta frequências.**
6. **Supressão de ruído. Filtros e indutâncias (chokes) de modo comum. Interruptores mecânicos e supressão do arco elétrico.**
7. **Antenas. Dipolos e monopolos. Caracterização de antenas (diretividade, ganho, abertura efetiva, fator de antena).**
8. **Blindagens: funcionamento e eficiência.**
9. **Terras e massas.**

#### 4.4.5. Syllabus:

1. **Introduction to Electromagnetic Compatibility (EMC). Applicable standards.**
2. **Transmission lines and signal integrity. Reflections and refractions. Load match.**
3. **Conducted emissions, radiated emissions and susceptibility. Measurements.**
4. **Crosstalk. Inductive model and capacitive model. Reduction of crosstalk.**
5. **Non-ideal behaviour of passive components: conductors, resistances, inductances and capacities at low and high frequencies.**
6. **Noise reduction. Filters and common-mode inductances (chokes). Mechanical switches and electrical arc suppression.**
7. **Antennas. Dipoles and monopolos. Antennas characterization (directivity, gain, effective aperture, antenna factor).**
8. **Shielding principles and efficiency.**
9. **Earthing and grounding.**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Os conteúdos programáticos propostos cobrem os conceitos e os princípios básicos da compatibilidade eletromagnética necessários à conceção e desenvolvimento de sistemas elétricos e eletrónicos. São abrangidos alguns dos problemas mais comuns nesta área em cablagens, pistas de PCB, comportamento dos componentes discretos, blindagens, terras e massas*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The proposed syllabus covers the concepts and basic principles of electromagnetic compatibility necessary for the design and development of electrical and electronic systems. It covers some of the most common issues in this area concerning cables, PCB lands, behavior of discrete components, shielding, earthing and grounding systems.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*A disciplina funciona com três tipos de aulas: teóricas, do tipo magistral; teórico-práticas com resolução de problemas de aplicação e realização de experiências elementares; aulas tipo seminário, para apresentação e defesa dos trabalhos de avaliação propostos aos alunos.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*There are three types of classes: theoretical (lectures); theoretical-practical classes with problem solving and some basic experiments; seminar classes for the students to present and defend their assessment works.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *O método de ensino adotado procura envolver os alunos num processo de aprendizagem continuada e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento de competências técnicas genéricas e específicas da compatibilidade eletromagnética.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. Nas aulas laboratoriais, com a realização de experiências simples, procura-se familiarizar os alunos com alguns dos fenómenos associados à problemática da compatibilidade eletromagnética.*

*Os trabalhos propostos aos alunos criam as condições para que estes adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita e oral.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methodology aims to engage students in a continuous learning process and their personal development, and lead to the development of some generic and specific technical competencies on EMC.*

*From the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and from the exercises with practical applications presented in the theoretical-practical classes, students will develop competencies in problem solving, critical reasoning, analysis and synthesis.*

*In the laboratory classes, simple experiments are carried out to familiarize students with electromagnetic compatibility phenomena.*

*The proposed assessment works create the conditions for the students to acquire skills in self learning and both*

*written and oral communication*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *Paul, Clayton (2006) – Introduction to Electromagnetic Compatibility, John Wiley & Sons, 2nd ed.*
- *Ott, Henry W. (2009) – Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons.*
- *Williams, T. (2016) – EMC for Product Designers, Newnes.*
- *Weston, David A. (1991) – Electromagnetic compatibility: principles and applications, Marcel Dekker.*
- *Montrose, Mark I. (1999) – EMC and the printed circuit board: design, theory, and layout made simple, IEEE Press.*

**Mapa IV - Complementos de Investigação Operacional**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Complementos de Investigação Operacional*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Complements of Operational Research*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*MCA*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:56*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes; (TP: 56)*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de optimização em problemas de engenharia, alargando a gama de problemas reais abordada em Fundamentos de Investigação Operacional, em particular considerando variáveis inteiras e múltiplas funções objectivo em problemas de optimização. Adicionalmente, são introduzidas as abordagens meta-heurísticas para abordar problemas de optimização complexos de natureza combinatória.*

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

*Providing the students with methodological and application competences in the context of optimization in engineering problems, enlarging the range of problems addressed in Fundamentals of Operational Research, in particular by considering integer variables and multiple objective functions in optimization problems. In addition, meta-heuristic approaches are introduced to deal with complex optimization problems of combinatorial nature*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Programação inteira (PI). Aplicações da PI. Modelos de PI. Uso de variáveis binárias em modelos de programação matemática. Métodos para resolver problemas de PI. O algoritmo "branch-and-bound". PI binária. O algoritmo de Balas. O problema da mochila 0-1. Reformulação de problemas. Estabilidade da solução ótima de problemas de PI.*
2. *Programação linear com múltiplas funções objectivo. Revisão do modelo de programação por metas ("goal programming"). Conceitos de solução não dominada. Processos de escalarização. Métodos interactivos. O método STEM. Programação multiobjectivo com variáveis inteiras.*
3. *Meta-heurísticas em problemas de optimização. Pesquisa tabu. Recuo simulado (simulated annealing). Algoritmos genéticos. Etapas principais de um algoritmo genético. Operadores genéticos. Optimização com enxames de partículas. Evolução diferencial.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Integer programming (I). Applications of IP. IP models. Use of binary variables in mathematical programming models. Methods to solve IP problems. The "branch-and-bound" algorithm. IP with binary variables. The Balas' algorithm. The 0-1 knapsack problem. Problem reformulation. Stability of the optimal solution in IP models.*
2. *Multi-objective linear programming. Revisiting the goal programming model. Concepts of non-dominated solutions. Scalarization processes. Interactive methods. The STEM method. Multiobjective programming with integer variables.*
3. *Meta-heuristics in optimization problems. Tabu search. Simulated annealing. Genetic algorithms. Main steps of a genetic algorithm. Genetic operators. Particle swarm optimization. Differential evolution.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A unidade curricular tem como objectivo essencial dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de optimização em problemas de engenharia, permitindo a identificação de tipos de problemas, a construção de modelos matemáticos adequados, a aprendizagem de algoritmos que produzam soluções óptimas para esses modelos. Neste contexto, os conteúdos programáticos incluem modelos e métodos nas áreas de optimização inteira, optimização multiobjectivo, e meta-heurísticas para tratar problemas combinatorios complexos, englobando assim uma vasta gama de problemas de optimização relevantes num contexto de engenharia e alargando os tópicos leccionados em Fundamentos de Investigação Operacional. Assim, os estudantes são expostos aos principais problemas, modelos e algoritmos nestes domínios, ficando habilitados a desenvolver abordagens cientificamente validadas para gerar soluções implementáveis na prática.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The curricular unit is aimed at providing the students with methodological and application competences in the area of optimization in the context of engineering problems, enabling the identification of problem types, the development of adequate mathematical models, the learning of algorithms that generate the optimal solutions to those models. In this context, the syllabus includes models and methods in the areas of integer optimization, multiobjective optimization, and meta-heuristics to deal with complex combinatorial problems, thus encompassing a vast range of relevant optimization problems in an engineering context and enlarging the topics lectured in Fundamentals of Operational Research. Therefore, students are exposed to the main problems, models and algorithms in those domains, being able to develop scientifically sound approaches to generate solutions implementable in practice.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos e metodológicos surgem motivados por problemas reais, sempre ilustradas com exemplos de aplicação. Recurso a software para a obtenção das soluções óptimas para os modelos matemáticos, libertando o estudante para as tarefas mais criativas de formulação dos problemas, construção dos modelos e análise crítica dos resultados. Serão propostos problemas para resolução, bem como trabalhos práticos envolvendo sobretudo o desenvolvimento de modelos matemáticos para um problema real e a obtenção da respectiva solução ótima*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical and methodological concepts are presented in tutorial lectures, being motivated by real-world problems and illustrated with application examples. Software (commercial and public domain) packages are used to obtain solutions to the mathematical models, thus freeing the students for the more creative tasks of problem formulation, model building and critical analysis of results. Assignments will be offered, involving the development of mathematical models for a real-world problem and the generation of the optimal solutions.*

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

*As aulas serão todas de natureza teórico-prática, nas quais os alunos serão expostos aos principais modelos e métodos, sendo os problemas suscitados por aplicações reais. Será dada particular atenção à aplicação dos conceitos teóricos e metodológicos para resolver problemas, i.e. gerar soluções cuja análise crítica revele serem de facto as mais adequadas. Os exemplos ilustrativos serão escolhidos para mostrar a importância de dispor de abordagens*

*cientificamente baseadas para apoio à tomada de decisões em problemas de optimização, semelhantes aos que um engenheiro poderá encontrar na sua prática profissional*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*All lectures will have a theoretical-practical nature, in which the students will be exposed to the main models and methods, the problems arising from a real-world setting. Particular attention will be paid to the application of theoretical and methodological concepts to solve problems, i.e. generating solutions the analysis of which reveal to be indeed the most adequate. Illustrative examples will be selected to display the importance of having scientifically based approaches for decision support in optimization problems, which are similar to the ones that an engineer may encounter in his/her professional practice*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Hillier, F.S., G.J. Lieberman. "Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, 2010.

- Bronson, R., G. Naadimuthu. "Investigação Operacional", Coleção Schaum, McGraw-Hill Portugal, 2001.

- Clímaco, J., C.H. Antunes, M.J. Alves. "Programação Linear Multiobjectivo", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003.

- Michalewicz, Z., D.B. Fogel. "How to Solve It: Modern Heuristics", Springer, 2002.

- Gaspar-Cunha, A., R. Takahashi, C.H. Antunes (Coord.), "Manual de Computação Evolutiva e Meta-heurística", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012.

- Chang, Y.L. "WinQSB, Decision Support Software for M/OM (v. 2.0)", Wiley, 2003.

- Oliveira, R., J. S. Ferreira (Coord.), "Investigação operacional em ação: casos de aplicação", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

- Antunes, C.H., M.J. Alves, J. Clímaco. "Multiobjective Linear and Integer Programming", EURO Advanced Tutorials on

**Mapa IV - Complementos de Visão por Computador**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Complementos de Visão por Computador*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Advanced Computer Vision*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*COMP*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:14h; OT:14h; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Opcional*

**4.4.1.7. Observations:**

*Optional*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

**Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista; T:7h; OT:7h; PL:28h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**Helder de Jesus Araujo; T:7h; OT:7h**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Esta unidade curricular aborda tópicos avançados em visão por computador. Suportada nos conhecimentos introdutórios apresentados na unidade curricular de Visão Computador, esta unidade curricular pretende complementar os conhecimentos teóricos em visão por computador, bem como no desenvolvimento de abordagens práticas para a construção de sistemas reais de Visão por Computador. O objetivo da unidade curricular é fornecer aos alunos o conhecimento e a destreza necessária para realizar investigação & desenvolvimento em visão por computador e seus domínios de aplicação, como a robótica, a biometria, a video vigilância, aplicações biomédicas e gráficos. Os alunos devem entender os pontos fortes e as fragilidades das abordagens atuais para pesquisar problemas e identificar desafios e orientações futuras para pesquisa e desenvolvimento. Tem também como objectivo melhorar as capacidades críticas de leitura e comunicação dos alunos nos domínios da visão por computador e suas aplicações.***

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

***This course covers advanced research topics in computer vision. Building on the introductory materials in Computer Vision, this class will prepare students in both the theoretical foundations of computer vision and in the practical approaches to building real Computer Vision systems. The goal of this course is to give students the background and skills necessary to perform research in computer vision and to develop applications in domains such as robotics, biometrics, surveillance, biomedical applications and graphics. Students should understand the strengths and weaknesses of current approaches to research problems and identify interesting open questions and future research directions. It also aims at improving students' critical reading and communication skills***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Detecção de elementos característicos e correspondências: SIFT, SURF, HOG, MSER, FAST, BRIEF**
- 2. Detecção de elementos característicos e correspondências: métodos baseados em aproximações Bayesianas e em aprendizagem profunda.**
- 3. Reconhecimento de objectos: aproximações clássicas**
- 4. Reconhecimento de objectos: aproximações baseadas em aprendizagem profunda**
- 5. Detecção visual e seguimento**
- 6. Reconhecimento de actividades**
- 7. Localização visual e mapeamento**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Feature detection and matching: SIFT, SURF, HOG, MSER, FAST, BRIEF**
- 2. Feature detection and matching: Bayesian-based and deep-learning based approaches**
- 3. Object recognition: classic approaches**
- 4. Object recognition: deep learning-based approaches**
- 5. Visual detection and tracking**
- 6. Activity recognition**
- 7. Visual localization and mapping**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

***Esta unidade curricular concentra os seus objetivos no estudo de tópicos avançados de visão por computador, com ênfase em tarefas de reconhecimento e aprendizagem profunda, visão tridimensional e análise de dados 3D e no desenvolvimento de aplicações. Examinaremos fontes de dados, descritores e algoritmos de aprendizagem úteis para entender e manipular dados visuais.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

***This course focusses on current research and application topics in computer vision with an emphasis on recognition tasks and deep learning, 3D computer vision and development of applications. We will examine data sources, features, and learning algorithms useful for understanding and manipulating visual data***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

***Esta disciplina adopta como metodologia de ensino a apresentação de conceitos de cariz mais fundamental e conceptual em aulas do tipo magistral, incluindo apresentações de tópicos (baseadas em artigos e capítulos de livros) feitas por estudantes, complementado com uma forte componente laboratorial onde os alunos podem implementar e***

**validar as funcionalidades dos conceitos introduzidos nas aulas magistrais, recorrendo Matlab e à implementação de algoritmos e de aplicações.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***The teaching methodologies in this course are based on the presentation of fundamental and conceptual aspects of computer vision in magister classes (theoretical classes), including presentations by students (based on book chapters and papers), complemented with a strong laboratory component where students are able to implement and validate the concepts presented and learned on the master classes. The algorithms and applications are implementations based on Matlab.***

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

***O conhecimento transmitido nas aulas magistrais é gradualmente transposto para as aulas laboratoriais através dos vários trabalhos, nos quais o aluno é induzido a aplicar e validar os conceitos adquiridos, permitindo o desenvolvimento de competências de análise de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma. Os trabalhos laboratoriais possibilitam a consolidação da aprendizagem das matérias leccionadas, assim como a possibilidade de validação de resultados subjacentes aos algoritmos e aplicações. Torna-se assim possível uma aprendizagem autónoma e sustentada dos problemas inerentes ao desenvolvimento de aplicações de visão por computador. Essa formação pode ser complementada com a realização de mini-projectos experimentais.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The knowledge imparted in the magister classes is gradually implemented in the laboratory classes through various labworks, in which the student is asked to apply and validate the concepts acquired, allowing for the development of skills of problem analysis, critical thinking and independent learning. Labworks provide the possibility and opportunity for the application of the theoretical concepts, while simultaneously allowing for the validation of the results from algorithms and applications. The autonomous and sustained learning of the problems inherent to the development of computer vision applications becomes therefore possible. This can be complemented by the implementation of small experimental projects.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***"Computer Vision: Algorithms and Applications", Richard Szeliski***

***"An Invitation to 3-D Vision: From Images to Geometric Models", Yi Ma, S. Soatto, J. Kosecka, S. Sastry***

***"Deep Learning", I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville***

***"Machine Learning: A Probabilistic Perspective", Kevin P. Murphy***

***"Deep Learning for Computer Vision", R. Shanmugamani***

**Mapa IV - Computação Gráfica e Realidade Aumentada**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Computação Gráfica e Realidade Aumentada***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Computer Graphics and Augmented Reality***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***COMP***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T:28h; OT:28h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Paulo Jorge Carvalho Menezes; T:28h; 2x(OT:28h)*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

*Esta UC tem por objectivo a introdução aos princípios básicos de computação gráfica que permitam ao estudante desenvolver aplicações e compreender os princípios associados a ferramentas de modelação tridimensional. Estendendo conceitos que poderão ser adquiridos em outras UCs, nomeadamente no que diz respeito a utilização de sensores ou às técnicas de visão por computador, os estudantes irão adquirir competências sobre sistemas de realidade virtual e realidade aumentada. Estas competências visam não só o desenvolvimento dos software de gráficos de computador, mas também conteúdos ou tecnologias de suporte.*

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

*This course has the objective of introducing the students to the basic principles of computer graphics, that enables them to develop applications and understand the concepts used in tridimensional modeling tools. By extending concepts that have connections with other courses, namely in terms of the use of sensors or computer vision techniques. This competencies aim, not only at the development of computer graphics software, but also on contents and supporting technologies.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução: dos modelos matemáticos ao ecrã do computador.*

*Curvas e superfícies*

*Vistas, perspectivas e projeções.*

*Transformações homogéneas.*

*Modelos complexos: Curvas/superfícies paramétricas e malhas poligonais.*

*Gráficos em computadores pessoais e dispositivos móveis*

*Evolução histórica e padrões da indústria*

*Programação com OpenGL 4.x e OpenGL/ES*

*Transformações, projeções, recorte e rasterização*

*Texturas, materiais*

*Programando “shaders” com GLSL*

*Animação, captura de movimento e “keyframes”.*

*Captura de movimento e animação.*

*Animação por interpolação.*

*Malhas poligonais com influência de esqueletos*

*Realidade Virtual e Aumentada*

*O ponto de vista do observador.*

*Capacetes de visualização e caves.*

*Uso de sensores para estimação do ponto de vista.*

*Realidade aumentada.*

*Coerência entre objetos virtuais e o mundo real.*

*Dos objetos instrumentados ao uso de marcadores.*

*Técnicas de estimação usadas.*

4.4.5. Syllabus:

*Introduction: From mathematical models to the computer screen.*

*Curves and surfaces*

*Views, perspectives and projections*

*Homogeneous transformations*

*Complex models: Parametric curves/surfaces and meshes*

*Computer graphics in personal computers and mobile devices*

**History and industry standards**  
**Programming with OpenGL 4.x and OpenGL/ES**  
**Transformations projects, clipping and rasterization**  
**Textures and materials**  
**Shader programming with GLSL**

**Animation, motion capture and “keyframes”**  
**Motion capture and animation**  
**Animation by keyframe interpolation**  
**Mesh models and skeletal animation**

**Virtual and Augmented Reality**  
**The observer viewpoint**  
**Head mounted displays and caves.**  
**Sensors-based viewpoint estimation**  
**Augmented reality**  
**Coherency between virtual objects and the real world.**  
**From instrumented objects to the use of markers.**  
**Commonly used estimation techniques.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**Os conteúdos programáticos cobrem os principais aspectos dos sistemas de computação gráfica actuais. Sobre estas assenta a compreensão dos princípios de base das aplicações gráficas desenvolvidas sobre os principais padrões da indústria para computadores pessoais e o principal para dispositivos móveis, o OpenGL e OpenGL/ES.**

**Há uma forte ligação de alguns princípios com os estudados noutras UCs, nomeadamente com Visão por Computador, no que diz respeito aos modelos de câmaras, homografias e estimação de pose de câmaras. No entanto é perfeitamente possível a um estudante que não tenha frequentado a outra UC compreender estes conceitos do ponto de vista estritamente necessário para o desenvolvimento de aplicações gráficas ou de realidade aumentada. A manipulação do ponto de vista e a sua associação à posição do observador no espaço são os ingredientes necessários para a criação de sistemas de realidade virtual e aumentada**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The syllabus covers the main principles of current computer graphics systems. Based on these, the students will be able to understand the underlying concepts that support graphical applications developed on one of the main standards for personal computers and mobile devices: OpenGL and OpenGL/ES.**

**There is a strong connection with some subjects studied in other courses, namely Computer Vision, in what concerns camera models, homographies, and camera pose estimation. Nevertheless it will be possible for a student that did not follow that course, to understand them to the level that is strictly necessary for being able to develop graphical or augmented reality applications.**

**The manipulation of the viewpoint and its connection with the observer position in space are the key ingredients for virtual and augmented reality systems**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Aulas teóricas do tipo magistral para apresentação teórica dos tópicos do programa com recurso a meios audiovisuais. Aulas laboratoriais onde os estudantes são guiados em aspetos específicos do desenvolvimento e análise dos resultados, permitindo-lhes explorar os conceitos através de exercícios práticos formativos e de avaliação**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**Theoretical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.**

**Laboratory classes where the students are guided on specific aspects of development and consequent analysis of results, enabling them to explore the concepts via hands-on formative and assessment assignments.**

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

**As metodologias de ensino adotadas procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**

**Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e a realização em grupo de vários trabalhos práticos sobre os vários temas da matéria abordada, são criadas as condições ideais para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, de organização e planificação, de trabalho em equipa, para comunicar, e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A referência, sempre que possível, a exemplos fora do domínio dos sistemas genéricos da computação gráfica,**

*nomeadamente sistemas sensoriais, visão por computador e outros sistemas de engenharia, permite aos alunos perceber o âmbito mais alargado das competências desenvolvidas.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

*The establishment of connections with examples outside the general domain of computer graphics, namely sensor systems, computer vision, and other engineering systems whenever possible, will enable the students to acquire a broader sense of the developed competencies*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Alan Watt, *3D Computer Graphics, Third Edition, Addison-Wesley, 2000.*

- Steve LaValle, *Virtual Reality, online on <http://vr.cs.uiuc.edu/>*

- Alexander Overvoorde, *Modern OpenGL Guide, online on <https://open.gl>*

**Mapa IV - Computação Heterogénea de Alto Desempenho**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Computação Heterogénea de Alto Desempenho*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Heterogeneous High Performance Computing*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*COMP*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h ; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Gabriel Falcão Paiva Fernandes; T:14h ; PL:14h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo; T:14h ; PL:14h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*A unidade curricular tem por objetivo principal a aquisição de conceitos básicos sobre o funcionamento de sistemas*

*de computação heterogéneos de elevado desempenho, na perspetiva do programador e do projetista de sistemas de computação.*

*O(A) aluno(a) deve ficar apto(a) a programar de forma eficiente sistemas com múltiplos e heterogéneos processadores atuais, a dominar o particionamento da computação, as linguagens de programação adequadas, e ainda a tirar partido da flexibilidade de sistemas reconfiguráveis para produção de sistemas heterogéneos customizáveis. Desta forma, fica apto(a) a acompanhar e melhor explorar a evolução dos sistemas de computação para sistemas tendencialmente cada vez mais heterogéneos e com diferentes requisitos de desempenho.*

*No final, o(a) aluno(a) deverá ser capaz de conceber o sistema heterogéneo mais conveniente e o algoritmo mais rápido e eficiente, que permita atingir os requisitos de tempo de processamento máximo especificados pela aplicação em causa*

#### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The course's main objective is the acquisition of basic knowledge regarding the operation of a high performance heterogeneous computing system from the programmer and computer system designer's perspective.*

*The student must be able to efficiently program modern systems with multiple and heterogeneous processors, partitioning computation, mastering the most appropriate programming languages, and also exploiting the flexibility of reconfigurable devices for the development of customizable heterogeneous systems. Thus, he/she should be able to better explore the evolution of computer systems that tend to become more heterogeneous and support distinct performance requirements.*

*In the end, the student should be capable of designing the most suitable heterogeneous system, and fast and efficient algorithm that will achieve the maximum processing time requirements specified by the application*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**M1: Introdução às arquiteturas do tipo multi-núcleo/multi-processador**

- Organização e funcionamento de arquiteturas multi-processador do tipo CPU e GPU
- Análise de algoritmos paralelos: técnicas de decomposição e sincronização de problemas
- Programação de sistemas com múltiplos núcleos e processadores
- Utilização eficiente da hierarquia de memória
- Bibliotecas e diretivas OpenACC: computação heterogénea portátil entre CPU e GPU

**M2: Programação em multi-processadores do tipo GPU**

- Linguagens CUDA e OpenCL
- Técnicas de otimização de desempenho: organização de estruturas de dados, sincronização, divergência, coalescência, balanceamento de carga e escalonamento
- Análise de desempenho

**M3: Ambientes e ferramentas de programação de alto nível para geração de hardware heterogéneo**

- Arquiteturas reconfiguráveis do tipo FPGA para sistemas multi-processador
- Síntese de alto nível: OpenCL como ferramenta geradora de hardware
- Computação heterogénea reconfigurável de alto desempenho.

#### 4.4.5. Syllabus:

**M1: Introduction to parallel processing architectures of multi-core type / multi-processor**

- Organization and operation of multi-processor architectures of the CPU and GPU type
- Analysis of parallel algorithms: decomposition techniques and synchronization
- Programming multicore processors
- Efficient use of the memory hierarchy
- OpenACC libraries and directives: heterogeneous computing portable between CPU and GPU

**M2: Programming multicore GPUs**

- CUDA and OpenCL languages
- Performance optimization techniques: organization of data structures, synchronization, divergence, coalescence, load balancing and scaling
- Performance Analysis

**M3: Frameworks and high-level programming tools for generating heterogeneous hardware**

- Reconfigurable FPGA-based architectures for multi-processor systems
- High-level synthesis: OpenCL as hardware-generating tool
- High performance heterogeneous reconfigurable Computing

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Uma vez que o módulo 1 aborda o estudo de arquiteturas atuais com múltiplos núcleos e processadores, o(a) aluno(a) fica apto(a) a compreender as condicionantes associadas à concepção de programas para execução rápida em*

**processadores paralelos.**

**O módulo 2 aprofunda o estudo de arquiteturas de elevado desempenho computacional do tipo GPU, nomeadamente através das linguagens de programação CUDA e OpenCL. Discutem-se técnicas de optimização de desempenho, que permitem ao(à) aluno(a) atingir taxas de débito tão próximas quanto possível do permitido pelo algoritmo em causa e pela arquitetura em uso.**

**Com a finalidade de explorar a vertente da reconfigurabilidade em sistema de computação de elevado desempenho, o módulo 3 aborda o desenvolvimento de kernels estruturados para geração de hardware eficiente recorrendo a programação e ferramentas de desenvolvimento de alto nível (e.g. linguagem OpenCL). Os circuitos gerados são sintetizados para execução em sistemas reconfiguráveis do tipo FPGA**

#### **4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**Since module 1 describes the study of current architectures having multiple cores and processors, the student becomes able to understand the constraints associated with the design of programs for fast execution on parallel processors, thereby addressing the objectives previously announced.**

**Module 2 deepens the study of high computational performance of GPU type architectures, including through parallel programming languages CUDA and OpenCL, as intended. Performance optimization techniques that allow the student to achieve throughputs as close as possible to the maximum permitted by the algorithm and by the adopted architecture are discussed.**

**In order to explore reconfigurability in high performance computing systems, module 3 addresses the development of kernels to generate efficient hardware using programming frameworks and high-level synthesis development tools (e.g. OpenCL language). The generated circuits are synthesized and their execution shown in reconfigurable FPGA systems.**

#### **4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Esta unidade curricular tem 4 horas de contacto semanais:**

- aulas teóricas, suportadas por slides e estudo de capítulos de livros;
- aulas práticas laboratoriais, realizando e avaliando trabalhos com grau de dificuldade crescente, e esclarecendo dúvidas

#### **4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**This discipline has 4 hours of weekly contact:**

- Lectures, supported by slides and the study of book chapters;
- Laboratory classes, conducting work with increasing degree of difficulty, clarifying questions and evaluating assignments.

#### **4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**O facto de o DEEC / UC / IT possuir um "GPU Research Center" desde Janeiro de 2015, laboratório reconhecido e certificado pela NVIDIA (<https://developer.nvidia.com/academia/centers/university-coimbra>), potencia a utilização destes laboratórios como suporte de lecionação da unidade curricular. De facto, o DEEC possui não apenas o hardware e software de última geração necessários para levar a cabo esta tarefa, como os recursos humanos adequados ao seu ensino e internacionalmente creditados como tal.**

#### **4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

**The fact that the DEEC / UC / IT is a "GPU Research Center" since January 2015, a recognized laboratory certified by NVIDIA (<https://developer.nvidia.com/academia/centers/university-coimbra>), potentiates the utilization of these laboratories as a support for teaching the course. In fact, the DEEC has not only the hardware and latest software tools necessary to carry out this task, as it also has internationally credited human resources appropriate for teaching this course.**

#### **4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

1. Slides das aulas
2. URL: <http://www.openacc.org/>, NVIDIA, 2016.
3. David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. "Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach (Applications of GPU Computing Series)", 1st Edition, ISBN-13: 978-0123814722, Morgan Kaufmann, February 2010.
4. David R. Kaeli, Perhaad Mistry, Dana Schaa and Dong Ping Zhang. "Heterogeneous Computing with OpenCL 2.0", 3rd Edition, Morgan Kaufmann, ISBN: 9780128014141, May 2015.

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Computação Quântica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Quantum Computing*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*COMP*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo; T:28h; PL:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Os principais objectivos e competências a desenvolver são:*

- Compreender as implementações clássicas determinísticas para computação e abordagens probabilísticas em hardware convencional.*
- Compreender as diferenças entre computação quântica e clássica.*
- Discernir potenciais ganhos de desempenho dos algoritmos quânticos versus clássicos.*
- Compreender a descrição matemática dos estados quânticos e operações quânticas básicas.*
- Entender os actuais desafios de engenharia no desenvolvimento de computadores quânticos.*
- Compreender os requisitos de engenharia para a implementação de algoritmos quânticos versus clássicos.*
- Compreender os limites científicos dos algoritmos quânticos para otimização.*
- Implementar algoritmos de computação quântica usando as ferramentas actualmente disponíveis.*
- Estar bem posicionado para usar tecnologias quânticas emergentes.*

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

*The key learning outcomes are:*

- Understand the classical deterministic computing implementations and probabilistic approaches on conventional hardware.*
- Understand the differences between quantum and classical computation*
- Discern potential performance gains of quantum vs. classical algorithms.*
- Understand the mathematical description of quantum states and basic quantum operations.*
- Understand engineering challenges currently faced by developers of quantum computers.*
- Become proficient with engineering requirements for quantum vs classical algorithm implementation.*
- Understand the scientific limits of quantum algorithms for optimisation.*
- Implement quantum computing algorithms using currently available tools.*
- Be well positioned to use emerging quantum technologies.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****:Introdução:**

**Computação analógica, computação estocástica e sistemas digitais determinísticos**  
**Lei de Moore e o computador do programa armazenado**  
**Computação paralela, aceleradores de hardware e os limites das abordagens clássicas**  
**Computador quântico como acelerador e potenciais ganhos de desempenho**

**:Computação quântica:**

**História da computação quântica e abordagens para a construção de Qubits**  
**Entrelaçamento e robustez**  
**Portas Quânticas e Algoritmos Quânticos Universais**  
**Simulação quântica e emulação**

**: Modelo e ferramentas de computação quântica:**

**Circuitos e portas quânticas, e efeitos de Sobreposição e Entrelaçamento**  
**Software Quântico, IBM Q, framework Qiskit e ferramentas de desenvolvimento.**

**:Aplicações de computação quântica:**

**Cifra RSA, fatorização e algoritmo de Shor**  
**Criptografia Pós-Quantum**  
**Geradores de números aleatórios e repetidores quânticos**  
**Otimização quântica**  
**Algoritmos quânticos de recuo/arrefecimento simulado**  
**Algoritmo de Grover**  
**Computação quântica para aprendizagem máquina**

**4.4.5. Syllabus:****:Introduction:**

**Analogue Computing, Stochastic Computing, and Deterministic Digital Systems**  
**Moore's Law and the Stored-program Computer**  
**Parallel Computing, Hardware Accelerators and the limits of classical approaches**  
**Quantum Computer as Accelerator and potential performance gains**

**:Quantum Computing:**

**History of Quantum Computing and approaches to building Qubits**  
**Entanglement, Decoherence, and Robustness**  
**Quantum Gates and Universal Quantum Algorithms**  
**Quantum Simulation, Emulation and Annealing**

**:Quantum Computing Model and Tools:**

**Quantum Circuits and Gates, and Effects of Superposition and Entanglement**  
**Quantum Software, IBM Q, Qiskit framework and development tools.**

**:Quantum computing applications:**

**RSA Cryptosystem, Factoring, and Shor's Algorithm**  
**Post-Quantum Cryptography**  
**Random Number Generators and Quantum Repeaters**  
**Quantum Optimisation**  
**Adiabatic Quantum Computing**  
**Quantum Annealing & Polynomial-Speedup Quantum Algorithms**  
**Grover's Algorithm**  
**Quantum Computing for Machine Learning**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**O conteúdo programático fornece uma visão ampla e abrangente da computação quântica. Começando por enquadrar o contexto da computação passada e atual, a computação quântica é apresentada como um componente de aceleração. Os conceitos básicos e implementações práticas são abordados, permitindo a compreensão do funcionamento interno da computação quântica, bem como ganhos de desempenho alcançáveis. Ao usar as ferramentas atualmente disponíveis, é dada uma experiência prática, com o objetivo de capacitar os alunos para o uso das tecnologias quânticas emergentes. Na última secção, o foco está nas aplicações, como criptografia, otimização e aprendizagem máquina, concretizando casos de aplicação da computação quântica e o link para tópicos estudados anteriormente.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The syllabus contents give a broad and comprehensive view of quantum computing. Starting out by framing the**

*context of past and current computing, quantum computing is presented as an acceleration component. The fundamentals concepts and practical implementations are covered, enabling the understating of the inner workings of quantum computing, as well as performance gains achievable. By using currently available tools, a hands on experience is provided, towards the objective of providing skills for the use of the emerging quantum technologies. In the last section the focus is on applications, namely cryptography, optimisation and machine learning, providing the insights from quantum computing theory and the link to previously studied topics.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teórico-práticas essencialmente com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução pontual de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.*

*Aulas laboratoriais, onde se realizam trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, os primeiros com um enunciado mais do tipo tutorial, mas depois incentivando um trabalho mais autónomo, e o trabalho final é já um mini-project completo. Seram usados recursos online como IBM Q .*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Lecture classes with detailed presentation, using audiovisual resources, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.*

*Laboratory classes, with lab assignments of growing complexity, initially with a tutorial set of instructions, but later fostering a more autonomou work, and the last assignment is already a full mini-project. Online reources will be used, such as IBM Q, Quantum Computing, (URL: <https://www.ibm.com/quantum-computing/> , 2019)*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas e os exercícios de aplicação prática, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A fase final do projecto leva os alunos a consolidar as aprendizagens.*

*A sequencia da matéria leva à elaboração de trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, sendo também maior a autonomia dos grupos de trabalho, para conseguir uma boa curva de aprendizagem das capacidades necessárias para a elaboração do projecto final.*

*Os trabalhos recorrem ao Framework IBM Q Qiskit para permitir implementação de Algoritmos Quânticos. Outras soluções open source serão também investigadas, bem como resultados na parte de computação estocástica de um projecto de investigação na área onde fomos parceiros (EU FET BAMBI FP7-ICT-2013-C).*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The final project assignment creates a better insight for management and organizational issues, as well as practical problems of dealing with technology.*

*The lab assignments have a growing complexity, as well as requiring more autonomy from the works groups, so that a suitable learning curve leads the students to have the required skills for the final project assignment.*

*The above assignments use the IBM Q Qiskit framework to implemente Quantum Algorithms. Other open source solutions will be pursued, as well as results on stochastic computing from a research project in the field where we were partners (EU FET BAMBI FP7-ICT-2013-C).*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Bibliografia principal / key bibliography*

*• M. A. Nielsen and I. L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information (10th Anniversary Edition). Cambridge University Press, 2010*

*• E. Rieffel and W. Polak. Quantum Computing: A Gentle Introduction. MIT Press, 2011.*

*• Noson S. Yanofsky and Mirco A. Mannucci, 2008, Quantum Computing for Computer Scientists, Cambridge University Press.*

• *Learn Quantum Computing using Qiskit, Abraham Asfaw, Luciano Bello, Yael Ben-Haim, Sergey Bravyi, Lauren Capelluto, Almudena Carrera Vazquez, Jack Ceroni, Jay Gambetta, Shelly Garion, Leron Gil, Salvador De La Puente Gonzalez, David McKay, Zlatko Minev, Paul Nation, Anna Phan, Arthur Rattew, Javad Shabani, John Smolin, Kristan Temme, Madeleine Tod, James Wootton, URL: <https://qiskit.org/textbook/preface.html> , 2019*

#### Mapa IV - Comunicações Móveis

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Comunicações Móveis*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Mobile Communications*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*TEL*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h; PL:28h*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Luis Alberto da Silva Cruz; T:28h; PL:28h*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*<sem resposta>*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Após frequência desta unidade curricular os formandos devem possuir conhecimentos sobre os fundamentos e as tecnologias de suporte às comunicações móveis, com ênfase nos efeitos da mobilidade e existência de múltiplos percursos de propagação e outras características do canal rádio e suas implicações no projecto e funcionamento de sistemas de comunicação móvel. Devem ainda possuir conhecimentos relevantes e actuais sobre a constituição e operação de sistemas móveis normalizados de telefonia e dados (GSM, UMTS, LTE e família IEEE 802) e suas aplicações em sistemas que incluem mas não se limitam a redes de sensores, redes veiculares e infraestrutura de comunicações da “internet das coisas”.*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Upon completion of the course the students should understand the fundamentals and the technology of mobile communication with emphasis on the effects of the mobility and presence of multipath propagation on the performance of the radio channel and on the design and operation of mobile communication systems. Students should also have a wide range of information and knowledge about the design and performance of several data and voice standardized mobile communication systems such as GSM, UTMS, LTE and 802-based systems and their applications to, among others, sensor networks, vehicular networks and the communication infrastructure of the internet of things.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1-O canal rádio móvel (modelação de propagação e projecto de cobertura)**
- 2-Sistemas de comunicação celular para transmissão de voz, vídeo e dados (2G, 3G, 4G e 5G)**
- 3-Sistemas e normas para redes locais sem fios**
- 4-Aplicações de sistemas de comunicações móveis (redes de sensors, redes veiculares, internet das coisas)**
- 5-Novas tecnologias e sistemas de próxima geração**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1-The mobile radio channel (propagation modeling and coverage project)**
- 2-Cellular mobile systems for voice, video and other data transmission (2G, 3G, 4G and 5G systems)**
- 3-Wireless local area network (WLAN) communication systems**
- 4-Applications of mobile communication systems (Wireless Sensor Networks, Vehicular Networks, Internet of Things)**
- 5-New technologies and next generation systems.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Sendo o objectivo principal da unidade curricular o estudo do funcionamento de sistemas de comunicação móvel é fundamental estudar o comportamento do canal móvel assim como as técnicas de modulação e codificação adequadas ao uso nestes sistemas. Dada a ubiquidade e utilidade dos sistemas de comunicação móvel normalizados (GSM, UMTS, etc.) e suas aplicações em redes locais sem fios, redes de sensores e sistemas de internet das coisas, é extremamente importante que as características e operação destes sistemas sejam estudados com algum detalhe.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*In order to gain a solid understanding of the operation of mobile communication systems it is necessary to study both the theoretical representation of the mobile channel and the modulation and coding techniques adequate to that type of radio channel. Furthermore since the most common and widely available mobile communication systems are standardized, the study of these systems (GSM, UMTS, LTE, 802.xyz) and their applications on wireless local area networks, sensor networks and internet of things systems is very important to the training of future engineering professionals.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O ensino dos tópicos que integram o programa desta unidade curricular é feito com base em aulas magistrais com e sem apoio de meios audiovisuais complementadas quando necessário por sessões de resolução de problemas simples escolhidos para melhorar o entendimento de certos tópicos. Adicionalmente existem aulas de natureza mais aplicada (laboratório) em que os alunos executam trabalhos com caráter experimental, por exemplo programando e testando algoritmos de predição de sinal rádio e simulando o desempenho sistemas de comunicação móvel.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Teaching will be based on lectures (carried out with and without support of multimedia presenters) complemented with short problem solving sessions to further the understanding of the syllabus major topics. In addition there will be laboratory classes in which the students will have to complete practical assignments dealing mostly with the programming and testing of signal prediction models and performance simulation of mobile communication systems.*

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

*Os conhecimentos a adquirir na unidade curricular têm fundamentos de natureza teórica e incluem também informação descritiva sobre sistemas normalizados para comunicação móvel que requerem aulas do tipo magistral para serem devidamente transmitidos aos alunos. Por outro lado dada a inexistência de modelos muito precisos que permitam avaliar o desempenho global dos sistemas de comunicação móvel reais é fundamental que haja experimentação em ambiente laboratorial envolvendo simulação parcial ou total dos vários sub-sistemas dos sistemas de comunicações móveis para consolidação e aprofundamento dos conhecimentos transmitidos nas aulas magistrais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The subjects taught on this unit have a strong theoretical background and include information on standardized mobile communication systems which are best taught with recourse to lecture-type classes. However the analytical performance models for these systems are not very accurate or do not exist at all. Therefore in order to gain a deeper understanding of the operation and performance of these systems it is important to simulate their operation in a laboratory environment collecting performance data. This type of empirical analysis is done in the laboratory classes.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Andreas Molisch (2011) - Wireless Communications 2nd ed., John Wiley**
- Theodore Rappaport (1996) - Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall**
- Holger Karl et al (2008), "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", John Wiley**
- Christopher Cox (2013), "An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communications",**

*John Wiley*

•*Afif Osseiran et al. (2016), "5G Mobile and Wireless Communications Technology", Cambridge University Press*

•*Dieter Uckelmann et al (2011), "Architecting the Internet of Things", Springer*

#### Mapa IV - Comunicações nas Redes Elétricas Inteligentes

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Comunicações nas Redes Elétricas Inteligentes*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Smart Grid Communications*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*TEL*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP:42; OT:14h*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*Ensino dos temas teóricos do conteúdo programático da unidade curricular de forma integrada com apoio, em sala de aula, a trabalhos de síntese ou desenvolvimento propostos.*

##### 4.4.1.7. Observations:

*Teaching the theoretical themes of the programmatic content of the curricular unit in an integrated way with support, in the classroom, to proposed synthesis or development work.*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Teresa Martinez dos Santos Gomes; 20h*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; 12h.*

*Rita Cristina Girão Coelho Silva; 12h.*

*Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins, 12h.*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Pretende-se que os alunos adquiram conceitos sobre comunicações nas redes elétricas inteligentes (smart grid). Tendo como objetivo ser uma unidade curricular transversal a várias especializações, serão introduzidos tópicos relevantes no contexto de uma rede de comunicações e tópicos relevantes na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Os alunos devem ficar a conhecer as aplicações no contexto das redes elétricas inteligentes suportadas pelas redes de comunicação, assim como a infra-estrutura de comunicação nas redes elétricas inteligentes. Devem ainda ser capazes de selecionar as tecnologias de acesso relevantes de acordo com a aplicação em vista. Os alunos deverão adquirir conhecimentos sobre os protocolos de comunicação mais relevantes, nomeadamente os que suportam as comunicações necessárias à tele-contagem inteligente e à automação da distribuição. Finalmente os alunos deverão adquirir conceitos base de segurança em redes.*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*It is intended that students acquire some concepts of communications in the smart grid. This curricular unit is planned so as to be appropriate to students pursuing different expertise (not only telecommunications or energy management*

*expertise). Therefore, some relevant topics in the context of communication networks will be studied, along with some relevant topics in generation, transmission and distribution of energy. Students will become aware of characteristics of smart grid applications supported by communication networks, as well as the communication infrastructure in the smart grid. The students will be able to select the relevant access technology according to the envisaged application. They should also acquire knowledge about the most relevant communication protocols, including those that support the communications necessary for smart metering and distribution automation. Finally students should acquire basic concepts in network security.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Elementos básicos de um sistema de energia eléctrica*
2. *Introdução às redes eléctricas inteligentes*
3. *Aplicações das redes eléctricas inteligentes*
4. *Elementos básicos de um sistema de comunicação*
5. *Redes de comunicação nas redes eléctricas inteligentes*
6. *Tecnologias de acesso nas redes eléctricas inteligentes*
7. *Protocolos de comunicação nas redes eléctricas inteligentes*
8. *Segurança nas redes eléctricas inteligentes*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Basic elements of a power system*
2. *Introduction to smart grids*
3. *Applications of smart grids*
4. *Basic elements of a communication system*
5. *Communication networks in smart grids*
6. *Access technologies in smart grids*
7. *Communication protocols in smart grids*
8. *Security in smart grids*

4.4.6. *Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Após abordar tópicos relevantes na geração, transmissão e distribuição de energia eléctrica (tópico 1), é feita uma breve introdução às redes eléctricas inteligentes (tópico 2), seguido de uma descrição das aplicações das redes eléctricas inteligentes no tópico 3. Os tópicos relevantes no contexto de uma rede de comunicações são introduzidos no tópico 4 e a infra-estrutura de comunicação nas redes eléctricas inteligentes é descrita no tópico 5. Os conhecimentos necessários para que os alunos possam ser capazes de selecionar as tecnologias de acesso mais adequadas à aplicação em vista, serão adquiridos no tópico 6. Os protocolos de comunicação mais relevantes são introduzidos no tópico 7. Finalmente as questões de segurança em redes eléctricas inteligentes são abordadas no tópico 8.*

4.4.6. *Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:*

*After addressing relevant topics in the generation, transmission and distribution of electricity (topic 1), a brief introduction to smart grids (topic 2) is made, followed by a description of the applications of smart grids in the topic 3. The topics relevant to context of a communications network as they are introduced to the topic 4 and the communication infrastructure in smart grids is described in topic 5. The knowledge needed for the students to be able to select the relevant access technologies according to the envisaged application, will be acquired on the topic 6. The most relevant communication protocols are introduced in the topic 7. Finally, security issues in smart grids are addressed in the topic 8.*

4.4.7. *Metodologias de ensino (avaliação incluída):*

*Exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais, complementadas com a resolução de exercícios práticos para consolidação dos conhecimentos adquiridos. Serão propostos aos alunos diferentes tipos de trabalhos, dependendo da especialização dos alunos, para realizar ao longo do semestre, e que deverão dar origem a um relatório e apresentação oral no final do semestre, seguida de discussão em grupo em que a participação dos alunos será devidamente considerada. Sempre que possível serão convidados especialistas para apresentação de palestras e organizadas visitas técnicas.*

4.4.7. *Teaching methodologies (including students' assessment):*

*The syllabus topics will be presented in detail, in terms of fundamental concepts and principles, complemented by the resolution of practical exercises to help students consolidate their knowledge. Different work themes will be proposed to students, depending on their specialization, to carry out during the semester. The outcome of those work should be a report and oral presentation at the end of the semester, followed by a group discussion in which the students' participation will be duly considered. Efforts will be made to have lectures by invited experts and to arrange technical visits.*

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

*As metodologias de ensino adotadas nesta disciplina têm por objetivo essencial dotar os alunos com competências básicas na área das comunicações nas redes elétricas inteligentes (REI). São introduzidos tópicos relevantes no contexto de uma rede de comunicações e de uma rede de energia, pois os alunos poderão ser de diferentes áreas de especialização.*

*São estudadas aplicações nas REI, são explicados os seus requisitos, e descrita a organização de uma rede de comunicações no contexto das REI. As tecnologias de acesso são descritas e são apresentadas normas/protocolos utilizados na telecontagem e na gestão e controlo das REI. Finalmente os alunos são sensibilizados para a relevância da segurança das comunicações nas REI.*

*Os trabalhos propostos aos alunos permitem, além do fortalecimento dos conceitos teóricos, explorar em detalhe alguns dos tópicos abordados. A aprendizagem autónoma dos alunos (com apoio dos docentes) é considerada perfeitamente adequada para o nível de ensino desta UC.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methodologies adopted in this course are primarily intended to provide students with basic skills in communications in smart grids. To ensure that students with different backgrounds have the minimum knowledge to achieve the objectives of the curricular unit, relevant topics in the context of a network of communications and of a power network, are introduced.*

*Smart grid applications are studied and their requirements are explained. The organization of a communications network in the context of smart grids is detailed. Access technologies are described and standards/protocols used in telemetry and management and control of smart grids are studied. Finally students are made aware of the importance secure communications in the smart grid.*

*The works proposed to the students allow them to get a better grasp of theoretical concepts while exploring in detail selected topics. The autonomous learning (with tutoring) is considered appropriate to a curricular unit of MSc level.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Alberto Sendin, Miguel A. Sanchez-Fornie, Iñigo Berganza, Javier Simon, Iker Urrutia, Telecommunication Networks for the Smart Grid, Artech House, 2016.*

### Mapa IV - Controlo Difuso e Aprendizagem Automática

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Controlo Difuso e Aprendizagem Automática*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Fuzzy Control and Automatic Learning*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*RSC*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h; PL:28h*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

**Rui Alexandre de Matos Araújo; T:28h; PL:28h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**<sem resposta>**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Adquirir competências necessárias a conhecer e aplicar os conceitos fundamentais relativos aos sistemas difusos e redes neuronais, bem como analisar, compreender e projetar sistemas de controlo difuso e sistemas baseados em redes neuronais. Adquirir competências necessárias a conhecer e aplicar conceitos fundamentais relativos a aprendizagem automática.**

**Aquisição de competências em análise e síntese, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, aplicação prática de conhecimentos teóricos, e adaptabilidade a novas situações.**

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

**Acquire the competencies required to have knowledge and apply the fundamental concepts concerning fuzzy systems and neural networks, as well as analyze, understand and design fuzzy control systems, and systems based on neural networks. Acquire competencies required to have knowledge and apply fundamental concepts concerning to computational learning.**

**Acquiring competencies in analysis and synthesis, critical reasoning, problem solving, autonomous learning, practical application of theoretical knowledge, adaptivity to new situations.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Lógica Difusa. Sistemas difusos. Bases de conhecimento, regras. Inferência difusa. Aprendizagem automática.**

**Controladores difusos, e métodos de aprendizagem para a sua síntese e calibração automática. Controlo por supervisão difusa. Redes neuronais e arquiteturas de redes neuronais. Aprendizagem com redes neuronais. Controlo com redes neuronais. Integração de sistemas difusos e redes neuronais, controlador neuro-difuso.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Fuzzy logic. Fuzzy Systems. Knowledge bases, rules. Fuzzy inference. Automatic learning. Fuzzy controllers, and**

**learning methods for their synthesis and automatic calibration. Fuzzy supervisory control. Neural networks and neural network architectures. Learning with neural networks. Control with neural networks. Integration of fuzzy systems and neural networks, neuro-fuzzy controller.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**Os conteúdos programáticos propostos cobrem as matérias, problemas, metodologias, conhecimentos e competências necessárias na aplicação dos conceitos fundamentais relativos a sistemas difusos e redes neuronais, bem como na análise, compreensão e projeto de sistemas de controlo difuso e sistemas de controlo baseados em redes neuronais, bem como na aquisição das competências necessárias a conhecer e aplicar os conceitos fundamentais relativos a aprendizagem automática. Este é um conjunto de conteúdos usuais de base em disciplinas de controlo difuso, redes neuronais e aprendizagem.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The proposed syllabus contents cover the subjects, problems, methodologies, knowledge, and competencies required for the application of the fundamental concepts related to fuzzy systems and neural networks, as well as on analysis, understanding, and design of fuzzy control systems and control systems based on neural networks, as well as on the acquisition of competencies required to know and apply the fundamental concepts related to automatic learning. This is a set of usual basis syllabus contents in subjects of fuzzy control, neural networks, and learning.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Aulas teóricas do tipo magistral com exposição, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios, teorias e metodologias e com a apresentação de exemplos de concretização e aplicação.**

**Aulas práticas laboratoriais com a orientação do docente: nestas, haverá algum tempo dedicado a apresentação de tópicos relevantes para a execução dos trabalhos práticos; e o restante tempo será dedicado à realização de trabalhos práticos que exijam a aplicação e conjugação de conceitos distintos.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**Theoretical classes of magisterial type with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles, theories, and methodologies, and with the presentation of illustrative and application examples.**

**Practical laboratory classes, supervised by a professor: in these classes, some time is dedicated to the presentation of topics relevant to the laboratory works; And the rest of the time is dedicated to the development of laboratory works which require the application and combination of different concepts.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas-científicas em controlo difuso e aprendizagem automática (CDAA), de algumas competências genéricas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas, bem como com os trabalhos de aplicação prática que se procura que os alunos desenvolvam nas aulas laboratoriais (em que os objectivos são aplicar conceitos fundamentais relativos a sistemas difusos, sistemas de controlo difuso, sistemas baseados em redes neuronais, e aprendizagem automática), estão criadas as condições que permitem aos alunos adquirir competências técnico-científicas em CDAA, e competências genéricas como as de análise e síntese, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, aplicação prática de conhecimentos teóricos, e adaptabilidade a novas situações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodology adopted aims at engaging the students in the learning process and in his personal development, and lead to the development of technical-scientific competencies in fuzzy control and automatic learning (FCAL), and some generic competencies.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and with the practical application assignments given in the laboratory classes (where the goals are to apply fundamental concepts on fuzzy systems, fuzzy control systems, systems based on neural networks, and automatic learning), conditions exist for the students to acquire technical-scientific competencies in FCAL, and generic competencies such as the ones of analysis and synthesis, critical reasoning, problem solving, autonomous learning, practical application of theoretical knowledge, adaptivity to new situations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Wang, L.-X. (1997) – *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall.
- Haykin, S. (1999) – *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd Edition, Prentice-Hall.
- Haykin, S. (2009) – *Neural Networks and Learning Machines*, 3rd Edition, Prentice-Hall.
- Araújo, R. (2015) – *Controlo Difuso e Aprendizagem [Apontamentos]*, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Araújo, R. (2015) – *Controlo Difuso e Aprendizagem: Exercícios e Soluções*, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Lin, C.-T., Lee, C.S.G. (1997) – *Neural Fuzzy Systems - A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*, Prentice-Hall.
- Babuska, R. (1998) – *Fuzzy Modeling for Control*, Kluwer Academic Publishers.
- Krose, B., Smagt, P.V.D. (1996) – *An Introduction to Neural Networks*, The University of Amsterdam.

#### Mapa IV - Controlo Digital

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Controlo Digital*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digital Control*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h ; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Urbano José Carreira Nunes; T:28h ; 2x(PL:28h)*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

*Objetivos: Fornecer aos alunos os principais conceitos, princípios e teorias que permitem a análise e síntese de sistemas de controlo por computador que incluem simultaneamente sistemas contínuos e componentes de processamento de informação em tempo discreto (controladores discretos com e sem observadores de estado).  
Competências a desenvolver: Pretende-se que os alunos adquiram competências em análise e síntese, formulação e resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e capacidade de aplicação de conceitos teóricos na resolução de problemas práticos.*

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

*Objectives: Provide students with the main concepts, principles and theories that enable the analysis and design of computer-controlled systems that include both continuous systems and components of information processing in discrete time (discrete-time controllers with and without state observers)  
Skills to develop: It is intended that students acquire skills in analysis and synthesis, formulation and problem solving, critical thinking, independent learning and ability to apply theoretical concepts in solving practical problems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

**MODULO I – Modelo de Entrada-Saída**

*Sistemas de controlo por computador: Introdução e Contexto;*

*Sistemas Lineares Discretos no Tempo, Amostragem, Relação entre as Transformadas de Laplace e Z;*

*Amostragem de Sistemas Contínuos na Representação Entrada – Saída;*

*Controlador PID: Contínuo e Discreto;*

*Análise de Estabilidade de Sistemas Lineares Discretos no Tempo.*

**MODULO II – Modelo em Espaço de Estados**

*Modelo em Espaço de Estados: Sistemas Contínuos e Sistemas Discretos;*

*Amostragem de Sistemas Contínuos em Espaço de Estados.*

*Controlabilidade e Observabilidade.*

**MODULO III – Projeto por Colocação de Pólos: Uma Abordagem em Espaço de Estados**

*Regulação por Realimentação das Variáveis de Estado;*

*Observadores de Estado;*

*Introdução ao Controlo de Seguimento.*

4.4.5. Syllabus:

**MODULE I – Input-Output Models**

*Computer-Controlled Systems: Introduction and Background;*

*Linear Discrete-Time Systems, Sampling, Relationship between Laplace transform and Z-Transform;*

*Sampling of Continuous-Time Systems in Input-Output Representation;*

*PID Controller: Continuous-Time and Discrete-Time;*

*Stability Analysis of Linear Discrete-Time Systems.*

**MODULE II – State-Space Models**

*State-Space Models: Continuous-Time and Discrete-Time Systems;*

*Sampling Continuous-Time State-Space Systems;*

*Controllability and Observability.*

**MODULE III – Pole-Placement Design: A State-Space Approach**

*Regulation by State Feedback;*

*State-Space Observers;*

*Introduction to State-Space Servocontrol.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Sendo o objectivo a síntese de controladores discretos, aplicados a processos contínuos, é possível considerar várias abordagens ao problema. Nesta unidade curricular são estudadas duas metodologias que consistem em: 1)- Projectar controlador contínuo e, em seguida, transformá-lo num controlador discreto (abordagem indireta); 2)- Determinar o modelo discreto equivalente do modelo do processo contínuo, sob controlo, e em seguida projetar o controlador discreto (abordagem direta).*

*No MODULO I aborda-se a teoria que permite a análise e síntese de sistemas de controlo por computador (abordagem indireta), com recurso a modelos na representação entrada-saída. O MODULO II incide no estudo da representação de sistemas pelo modelo em espaço de estados. Finalmente no MODULO III aborda-se o problema da regulação por realimentação do estado (por abordagem direta), de sistemas de controlo por computador, e faz-se uma introdução aos observadores de estado e ao problema do servocontrolo.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Having in mind that the objective is the design of discrete-time controllers, and evolving the process under control in continuous time, it is possible to consider several approaches to the problem. In this course two methodologies are studied, which consist of: 1)- First design a continuous-time controller and then transform it (by mathematical approximation) in a discrete-time controller (indirect approach); 2)- Determine a discrete-time model of the continuous-time process under control, and then design the discrete controller (direct approach).*

*MODULE I addresses the theory that allow the analysis and design of computer-controlled-systems, by the indirect approach, using input-output models. MODULE II focuses on the study of state-space models, for continuous-time and discrete-time linear systems. Finally MODULE III addresses the design of regulation by state feedback (by direct approach), and includes the study of state observers and an introduction to the servocontrol problem.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas com exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias que constituem a matéria da unidade curricular, e resolução de exercícios.*

*Aulas laboratoriais onde os alunos realizam trabalhos de simulação em ambiente Matlab/Simulink. Os alunos têm ainda acesso a um conjunto vasto de problemas teórico-práticos resolvidos e outros para resolução.*

*O processo de avaliação adotado pretende estimular o estudo e aprendizagem contínuos, contemplando duas componentes de avaliação: teórica/teórico-prática e laboratorial.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Lectures involving detailed presentation of concepts, principles and theories that constitute the materials of the curricular unit and solving exercises with active participation of students.*

*Laboratory classes where students perform simulation studies in Matlab/Simulink. Additionally, students have access to a wide range of theoretical and practical problems solved and others for resolution.*

*The adopted evaluation aims to stimulate a process of continuous study and learning, considering two components of assessment: theoretical/practical and laboratory*

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

*A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos num processo contínuo de aprendizagem, permitindo-lhes exercitar as matérias lecionadas nas aulas teóricas, através da realização de trabalhos de simulação/laboratoriais e através da resolução autónoma de problemas tipo. Com esta abordagem, pretende-se que o aluno se sinta diretamente envolvido no processo de aprendizagem e de valorização pessoal, permitindo-lhe desenvolver competências técnico-científicas em controlo digital e simultaneamente competências genéricas, como as de resolução de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma. A componente laboratorial (estudos em ambiente de simulação e trabalhos com processos reais) desempenha um papel crucial nesta unidade curricular, na motivação dos alunos para as matérias em estudo, por ajudar a consolidar os conhecimentos e por funcionar como um veículo demonstrativo da aplicabilidade dos conceitos teóricos*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodologies adopted seek to engage students in a continuous process of learning, allowing them to practice the theoretical concepts taught on lectures either by implementing simulation/labworks and by solving typical digital control problems. With this approach, students feel directly involved in the process of learning and personal enhancement, allowing them to develop specific technical and scientific skills in digital control and also lead to the development of generic skills, such as of problem solving, critical thinking and independent learning. The laboratory component (studies in simulation environment and works with real processes) plays a crucial role in this curricular unit, in the students' motivation for the materials under study, by helping to consolidate the knowledge and act as a vehicle for demonstrating the applicability of theoretical concepts.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

1. Franklin, G.P., Powell, J., and Workman, M. (1998) - *Digital Control of Dynamic Systems*, 3ª Ed., Addison-Wesley.
2. K.J. Astrom, and B. Wittenmark (1997) - *Computer-Controlled Systems: Theory and Design*, 3ª Ed., Prentice-Hall.

3. K.Ogata (1994). “Discrete-Time Control Systems”, Prentice-Hall.

4. Nunes, U. (2020) – *Controlo Digital: Exercícios Resolvidos, Exemplos em Matlab/Simulink (apontamentos)*, DEEC-FCTUC.

#### Mapa IV - Controlo Não Destrutivo

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Controlo Não Destrutivo*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Nondestructive Testting*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*RSC*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP:14; PL:14; TC:28*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Jaime Batista dos Santos; TP:7; PL:7; TC:14*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Mário João Ferreira dos Santos; TP:7; PL:7; TC:14*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*São estudados assuntos variados de aplicação prática muito importantes para o futuro engenheiro eletrotécnico na área de automação e de aplicação na área da medicina. Permite o desenvolvimento de competências para o estabelecimento de sistemas autónomos de controlo não destrutivo. São abordados os aspetos fundamentais relacionados com o controlo não destrutivo em geral e a utilização de ultrassons em particular. São desenvolvidas as técnicas associadas aos transdutores mais correntes e a possibilidade de melhoria das suas características. São abordadas as técnicas de visualização por ultrassons – imagiologia ultrassonora – para os diferentes campos de aplicação: automação de processos, controlo, medicina, etc*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Various subjects are studied for practical application important for the future electrical engineer in automation and in medicine branches. To provide skills for the autonomous development of nondestructive systems. Discussion of fundamental aspects related to the NDT in general and the use of ultrasound in particular. Development of techniques associated with the most common transducers and ways to improve characteristics. Understand the visualization techniques by ultrasound for the different application fields*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Conceitos sobre controlo não destrutivo: Noções básicas sobre ultrassons. Conceito de piezoelectricidade. Materiais*

*utilizados na geração dos ultrassons. Seleção de sondas ultrassonoras: Escolha de materiais e aspetos construtivos. Sondas de imersão e de contacto. Sondas inclinadas e focalizadas. Grandezas físicas associadas aos ultrassons: Introdução dos conceitos de deslocamento, deformação, pressão, velocidade de vibração e de deslocamento. Equação de onda. Conceito de impedância ultrassonora e Atenuação. Amortecimento e adaptações mecânicas. Caracterização de transdutores ultrassonoros: campo próximo e campo afastado. Diagrama de radiação. Noção de abertura angular. Noção de "array". Focalização do feixe acústico por via mecânica. Adaptação elétrica, mecânica, e amortecimento. Técnicas de visualização por ultrassons: A-scan, B-scan e C-scan. Domínios de aplicação. Interferometria e Espectroscopia ultrassonora.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Basic concepts of nondestructive testing. Application Fields. Advantages and disadvantages. Understanding ultrasound. Concept of piezoelectricity. Materials used in the generation of ultrasounds. Fields of application. Attenuation and calculation methods. Selection of probes: Choice of the materials and construction aspects. Immersion and contact coupling. Single and double probes. Angled and Focused Probes. Excitation circuits. Physical quantities associated with ultrasounds: Introduction to the displacement, strain, pressure, and vibration velocity and displacement concepts. Wave equation. Acoustic impedance. Mechanical backing and matching. Characterization of transducers: Introduction to the near field and far field concept. Radiation pattern. Transducer array. Visualization techniques by ultrasound: A-scan, B-scan and C-scan. Application Fields. Ultrasonic Interferometry. Ultrasonic spectroscopy.*

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos são os ajustados aos objetivos, pretendendo-se dotar os alunos com os conhecimentos básicos acerca das técnicas fundamentais de ensaios não destrutivos correntemente utilizados em campos tão importantes como a indústria e a medicina.*

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The course contents are adjusted to the objectives, which seeks to endow the students with the basic knowledge about the nondestructive testing techniques, commonly used in such important fields as industry and medicine*

4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*A disciplina funciona com dois tipos de aulas: aulas teórico-práticas e aulas práticas laboratoriais de desenvolvimento e realização de trabalhos experimentais relacionados com controlo não destrutivo por ultrassons. Após estas aulas os alunos realizam trabalho de campo. A avaliação teórico-prática é realizada por exame final. A avaliação das Práticas Laboratoriais implica a frequência obrigatória para todos os alunos num total de 75% de todos os trabalhos.*

4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The classes operate in two distinct modes: theoretical/ practical classes with students concentrated on a single class and laboratory classes, where the students are divided into groups. The theoretical evaluation is performed by a final exam. The evaluation of the Laboratory component requires the presence of all students in 75% of all classes. Also the students will develop a fieldwork after those two types of classes*

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

*As metodologias de ensino adotadas nesta disciplina têm por objetivo essencial dotar os alunos com competências básicas sobre técnicas de Controlo Não Destrutivo, fundamentalmente, despertar o seu interesse para as técnicas mais utilizadas correntemente, através da realização de trabalhos experimentais em ambiente laboratorial. O objetivo primordial com esta disciplina é levar os alunos a conhecerem os equipamentos e a realizarem medidas experimentais usando os ultrassons como a técnica de mais largo espectro de utilização tanto a nível industrial como no campo da medicina.*

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methods adopted in this course are primarily intended to endow the students with basic skills on Non-Destructive Testing techniques, motivating them for the usefulness of such techniques in the practice by developing experimental work at the laboratory. The primary objective of this course is to lead students knowing the equipment and carry out experimental measurements by ultrasounds in industrial and medicine fields.*

4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Krautkramer, J.; Krautkramer, H. Ultrasonic Testing of Materials, 4th Edition (1990), Springer  
Szabo, T.L. Diagnostic Ultrasound Imaging (2004), Elsevier*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Controlo por Computador no Espaço de Estados*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Computer Control in State-Space*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h ; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Urbano José Carreira Nunes; T:28h ; 2x(PL:28h)*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Objetivos: Fornecer aos alunos os principais conceitos, princípios e teorias que permitem a análise e projeto de sistemas de controladores por computador usando técnicas em espaço de estados. Neste contexto inclui-se a análise e síntese de controladores com observador de estado: observador de estado para perturbações determinísticas e observador de estado, baseado em filtros ótimos estocásticos, para perturbações estocásticas.*

*A unidade curricular compreende aulas práticas para a realização de trabalhos de simulação, em ambiente Matlab/Simulink, e projecto de controladores digitais aplicados a processos reais.*

*Competências a desenvolver: Pretende-se que os alunos adquiram competências em análise e síntese, formulação e resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e capacidade de aplicação de conceitos teóricos na resolução de problemas práticos.*

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

*Objectives: Provide students with the main concepts, principles and theories that enable the analysis and design of linear computer-controlled systems using state-space techniques. In this context, it is included the analysis and synthesis of controllers with state observers: state observers for deterministic disturbances and stochastic optimal state observers for random disturbances.*

*The curricular unit includes lab classes for conducting simulation studies, using Matlab/Simulink, and design of digital controllers applied to real processes.*

*Skills to develop: It is intended that students acquire skills in analysis and synthesis, formulation and problem solving, critical thinking, independent learning and ability to apply theoretical concepts in solving practical problems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*MÓDULO I – Perturbações determinísticas*

- I. Observadores de estado. Projecto de controladores com observador de estado.**
- II. Modelos de perturbações determinísticas. Regulação com modelo de estado aumentado (processo e perturbação); introdução de acção integral.**
- III. Servocontrolo com e sem observadores; servocontrolo com acção integral: com observador de estado aumentado e por modelo interno (sem observador).**

#### **MÓDULO II – Perturbações estocásticas**

- I. Modelos estocásticos de perturbações**
- II. Filtros ótimos em tempo discreto: aplicações lineares (Filtro de Kalman) e aplicações não lineares (EKF, Filtro de partículas)**
- III. Controlo em espaço de estados com observador de estado baseado em filtros ótimos**

#### **MÓDULO III**

- I. Introdução ao projeto de controlo óptimo em espaço de estados (e.g, LQR and LQC)**

#### **4.4.5. Syllabus:**

##### **MODULE I – Deterministic disturbances**

- I. State observers; Design of controllers with state observers;**
- II. Models of deterministic disturbances. Regulation with augmented state observers (process and disturbance); adding integral action.**
- III. Servocontrol with and without state observers; servocontrol with integral action: with augmented state-observer and by internal-model structures (without observer).**

##### **MODULE II – Stochastic disturbances**

- I. Models of stochastic disturbances.**
- II. Optimal filters in discrete time: linear applications (Kalman filter) and nonlinear applications (EKF, particle filters).**
- III. State-space control design with state observers based on optimal filters**

##### **MODULE III**

- I. Introduction to optimal control design methods: a state-space approach (e.g, LQR and LQC).**

#### **4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**O conteúdo programático desta unidade curricular incide no estudo de sistemas de controlo por computador usando técnicas em espaço de estados o que é completamente consistente com os objetivos definidos para esta unidade curricular.**

**No MÓDULO I abordam-se conceitos e teoria que permitem a análise e síntese de sistemas de controlo por computador, sujeitos a perturbações determinísticas, usando técnicas em espaço de estados. O MÓDULO II incide na análise e síntese de sistemas de controlo por computador, sujeitos a perturbações estocásticas, usando observador de estado baseado em estimadores/filtros ótimos (aplicações lineares e aplicações não lineares). No MÓDULO III abordam-se técnicas de síntese de controladores ótimos em espaço de estados (e.g, controlo linear-quadrático e controlo linear-quadrático Gaussiano)**

#### **4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The syllabus of this curricular unit is focused on the study of computer-controlled systems applying state-space techniques, which is completely consistent with the defined objectives.**

**MODULE I addresses the concepts and theory that allow the analysis and design of computer controlled-systems, under deterministic disturbances, using state-space techniques. MODULE II focuses on analysis and design of computer-controlled systems, under stochastic disturbances, using optimal state observers (linear applications and nonlinear applications). Module III addresses the design of state-space optimal control (e.g, linear quadratic control, linear quadratic Gaussian control)**

#### **4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias que constituem as matérias da unidade curricular. Nestas aulas, há lugar à resolução de exercícios com participação ativa dos alunos.**

**Aulas laboratoriais onde os alunos aplicam os conceitos leccionados na componente teórica através da realização de trabalhos de simulação, em ambiente Matlab/Simulink, e de aplicação em processos reais. Adicionalmente, os alunos têm acesso a um conjunto vasto de problemas teórico-práticos resolvidos e outros para resolução.**

#### **4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**Lectures involving detailed presentation of concepts, principles and theories that constitute the materials of the curricular unit. In these classes, there is room to solving exercises with active participation of students.**

**Laboratory classes where students exercise the concepts taught in theoretical lectures by performing simulation studies, in Matlab/Simulink, and practical work with real processes. Additionally, students have access to a wide range of theoretical/practical problems solved and others for resolution.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos num processo contínuo de aprendizagem, permitindo-lhe exercitar as matérias leccionadas nas aulas teóricas, quer através da realização de pequenos trabalhos laboratoriais quer através da resolução autónoma de problemas tipo. Com esta abordagem, pretende-se que o aluno se sinta diretamente envolvido no processo de aprendizagem e de valorização pessoal, permitindo-lhe desenvolver competências técnico-científicas em controlo por computador e simultaneamente competências genéricas, como as de resolução de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma. A componente laboratorial (estudos em ambiente de simulação e trabalhos com processos reais) desempenha um papel crucial nesta unidade curricular, na motivação dos alunos para as matérias em estudo, por ajudar a consolidar os conhecimentos e por funcionar como um veículo demonstrativo da aplicabilidade dos conceitos teóricos*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies adopted seek to engage students in a continuous process of learning, allowing them to practice the theoretical concepts taught on lectures either by implementing small labworks or through the solving of typical digital control problems. With this approach, students feel directly involved in the process of learning and personal enhancement, allowing them to develop specific technical and scientific skills in computer-control design and also lead to the development of generic skills, such as of problem solving, critical thinking and independent learning. The laboratory component (studies in simulation environment and works with real processes) plays a crucial role in this course, in the students' motivation for the materials under study, by helping to consolidate the knowledge and act as a vehicle for demonstrating the applicability of theoretical concepts*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *K.J. Astrom, and B. Wittenmark (1997) - Computer-Controlled Systems: Theory and Design, 3ª Ed., Prentice-Hall.*
- *Franklin, G.P., Powell, J., and Workman, M. (1994) - Digital Control of Dynamic Systems, 3ª Ed., Addison-Wesley.*
- *M. Grewal, and Angus P. Andrews (2001) - Kalman Filtering: theory and Practise using Matlab, John Wiley & Sons, Inc.*
- *S.M.Bozic (1979) – Digital and Kalman Filtering, Edward Arnold.*
- *Nunes, U. (2020) – Controlo Digital: Exercícios Resolvidos, Exemplos em Matlab/Simulink (apontamentos), DEEC-FCTUC.*
- *Nunes, U. (2020) – Slides das aulas teóricas de Controlo Digital e de Projeto de Controlo Digital, DEEC-FCTUC.*

**Mapa IV - Co-Projecto de Hardware e Software**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
**Co-Projecto de Hardware e Software**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
**Hardware Software Co-Design**

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**  
**COMP**

**4.4.1.3. Duração:**  
**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
**162**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**T:28h; PL:28h**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6**

**4.4.1.7. Observações:**  
**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**  
**<no answer>**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo; T:14h; PL:14****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Gabriel Falcão Paiva Fernandes T:14h; PL:14****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objetivo principal é fornecer conceitos fundamentais e técnicas para a execução correta do co-projecto moderno de hardware/software (H/S). No final os alunos serão capazes de ter uma visão integrada e ser capazes de explorar o espaço de soluções completo que as tecnologias actuais oferecem para sistemas digitais, e que se vão tornar mais prevalentes no futuro próximo devido ao abrandamento da Lei de Moore, que leva a um foco renovado no design e optimização. Partindo de uma solução de software, devem ser capazes de analisar a performance e acelerar partes críticas em hardware, bem como particionar H/S para um determinado problema, e também usar descrições de alto nível, para permitir desenvolvimento concorrente de H/S e optimizações no particionamento.*

*Os objectivos e trabalho desenvolvido levam à aquisição de competências em análise e síntese, comunicação escrita, resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, e aplicação prática de conhecimentos teóricos.*

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

*The main objective is to provide key concepts and skills for the correct execution of modern hardware/software co-design. At the end students will be able to have an integrated view and be able to explore the full design space that current technologists enable for digital systems, and that will become more prevalent in the near future due to the slow down of Moore's Law, that forces a renewed focus on design and optimization. Starting from a software solution, they should be able to profile and accelerate critical parts on hardware, as well as partition for a given problem the hardware and software, and also use high level descriptions to allow concurrent hardware and software development and optimizations in the partitioning.*

*The course objectives and planned work lead the students to acquire competencies in synthesis and analysis, written communication, problem solving, critical reasoning, autonomous learning, and practical application of theoretical knowledge.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Começa-se por diferenciar entre processadores de uso geral e processadores dedicados, seguindo para a fronteira H/S e interfaces, e como soft-cores e aceleradores de hardware podem ser utilizados para ter sistemas com melhor performance. É dada uma visão ampla e abrangente sobre as soluções de computação digital, concentrando-se no co-projecto de hardware e software com a seguinte estrutura de tópicos:*

- *Conceitos básicos: A Natureza do Hardware e Software; Modelos de Data Flow e Transformação; Implementação de Fluxo de Dados em H/S; Análise de Fluxo de Controle e Fluxo de Dados*
- *O Espaço de Projecto de Arquiteturas Dedicadas: Máquina de Estados Finitos com Caminho de Dados; Arquiteturas microprogramada; Aceleradores de Hardware; Processadores genéricos Soft Cores parametrizáveis; System on Chip.*
- *Interfaces de H/S: Princípios Comunicação H/S; On-Chip Busses (barramentos de dados); Interfaces com Microprocessadores; Interfaces de hardware.*
- *High level synthesis para co-projecto H/S*

**4.4.5. Syllabus:**

*In summary the course starts by differentiating general purpose processors and custom processors and systems, addressing HS/SW boundaries and interfaces and how soft-cores and hardware accelerators can be used to improve overall performance. A broad and encompassing view on digital computing solutions is given, and the focus on codesign is structured as follows:*

- *Basic Concepts: The Nature of Hardware and Software; Data Flow Modelling and Transformation; Data Flow Implementation in Software and Hardware; Analysis of Control Flow and Data Flow;*
- *The Design Space of Custom Architectures; Finite State Machine with Datapath; Microprogrammed Architectures, Hardware Accelerators; General-Purpose Tuneable Soft Cores; System on Chip*
- *Hardware/Software Interfaces; Principles of Hardware/Software Communication; On-Chip Busses; Microprocessor Interfaces; Hardware Interfaces*
- *High level synthesis for H/S co-design.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos permitem dar uma visão ampla e abrangente sobre as soluções de computação digital, concentrando-se no co-projecto de hardware e software, indo ao encontro do objectivo de ter os alunos aptos a realizar projectos enquadrados nos desafios na área do sistemas digitais. Os tópicos abordados permitem não só a capacidade de melhorar soluções de software com aceleradores em hardware, como uma completa exploração do espaço de*

*soluções de projecto, desde projecto de controlador e caminho de dados, a soft-cores dedicados e parametrizados para a aplicação, e até sistemas completos on-chip, recorrendo também a ferramentas de high level synthesis.*

*Os trabalhos laboratoriais e projecto final recorrem essencialmente a placas FPGA Altera DE2 (recorrendo ao softcore NIOS II), placas Altera DE1-SoC, ou equivalente, para permitir implementação de aceleradores e soluções híbridas, ficando assim os alunos com experiência prática das ferramentas de projecto e desenvolvimento*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The syllabus contents give a broad and comprehensive view of digital computing solutions, focusing on co-design of hardware and software, towards the goal of having students able to perform projects addressing the challenges in the area of digital systems. The addressed topics provide not only the skill to improve software solutions with hardware accelerators, but address the full design space exploration, from controller and data path, to dedicated and parameterised soft cores, as well as complete on-chip systems, including the use of high level synthesis tools.*

*The laboratory work and final project mainly use Altera FPGA DE2 boards (using the NIOS softcore II from Altera), Altera DE1-SoC boards, or equivalent, to allow implementation of hardware accelerators and hybrid solutions, leaving the students with a strong practical experience of design and development tools.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teórico-práticas essencialmente com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução pontual de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.*

*Aulas laboratoriais, onde se realizam trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, os primeiros com um enunciado mais do tipo tutorial, mas depois incentivando um trabalho mais autónomo, e o trabalho final é já um mini-project completo*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Lecture classes with detailed presentation, using audiovisual resources, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.*

*Laboratory classes, with lab assignments of growing complexity, initially with a tutorial set of instructions, but later fostering a more autonomous work, and the last assignment is already a full mini-project.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas e os exercícios de aplicação prática, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A fase final do projecto leva os alunos a consolidar as aprendizagens.*

*A sequencia da matéria leva à elaboração de trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, sendo também maior a autonomia dos grupos de trabalho, para conseguir uma boa curva de aprendizagem das capacidades necessárias para a elaboração do projecto final.*

*Os trabalhos recorrem às placas FPGA Altera DE2, recorrendo ao softcore NIOS II para permitir implementação de aceleradores e soluções híbridas, e placas Altera DE1-SoC. Outras soluções open source serão investigadas, mas temos uma licença da Altera suportada por um projecto de investigação na área (EU FET BAMBI FP7-ICT-2013-C).*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The final project assignment creates a better insight for management and organizational issues, as well as practical problems of dealing with technology.*

*The lab assignments have a growing complexity, as well as requiring more autonomy from the works groups, so that a suitable learning curve leads the students to have the required skills for the final project assignment.*

*The above assignments use the Altera DE2 FPGA board, using the NIOS II softcore to implement hardware accelerators and hybrid solutions, and Altera DE1-SoC boards. Other open source solutions will be pursued, but there is an Altera campus licence supported by a research project in the field (EU FET BAMBI FP7-ICT-2013-C).*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Bibliografia principal / key bibliography*

- *P. Schaumont (2013), A practical Introduction to Hardware/Software Codesign, Springer 2013*
- *Vahid/Givargis (2002), Embedded Systems Design: A Unified Hardware/Software Introduction*
- *Altera NIOS II tutorials and documentation*
- *Altera DE1-SoC tutorials and documentation*

#### Mapa IV - Dissertação

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Dissertação*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Dissertation*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*CTEEC*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Anual*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*972*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*OT:28*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*36*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Disciplina para todos os docentes com orientações de Mestrado, (OT:28h - 1h/sem por docente).*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Como objetivos principais incluem-se o desenvolvimento da capacidade de realizar trabalho de investigação/desenvolvimento com elevado grau de autonomia, integrando conhecimentos adquiridos e promovendo o desenvolvimento da capacidade de análise crítica, criativa e de síntese, com vista a analisar e compreender um problema de engenharia electrotécnica e de computadores e propor soluções. O aluno deve ainda desenvolver competências nas áreas de comunicação, pesquisa e elaboração de documentos científicos. O trabalho individual a realizar, que poderá envolver meios experimentais e/ou de simulação, resultará na elaboração de uma dissertação sobre um tema da área científica da engenharia electrotécnica e de computadores.*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The main learning outcomes include the following ones: development of the capacity to undertake research/development work with a high degree of autonomy; the consolidation of knowledge acquired throughout the training; and promoting critical and creative analysis competencies aiming to analyze and understand an electrical and computer engineering problem and propose an adequate solution. The student must also develop skills in the areas of communication, research and writing of scientific documents.*

*The individual work to be performed, which may involve experimental research and /or simulation, will result in the*

*preparation of a dissertation on a subject within the knowledge area of the graduate program.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O conteúdo programático depende dos objectivos e do trabalho a realizar, atendendo a que o objectivo final é a resolução de um problema de engenharia*

**4.4.5. Syllabus:**

*The syllabus depends on the objectives and goals to be attained and work to be done, given that the ultimate goal is the resolution of an engineering problem*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O conteúdo programático desta unidade curricular é definido em função dos objetivos e das competências a adquirir, existindo uma grande articulação do conteúdo programático com o trabalho a ser realizado*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus is defined according to the objectives and competences to be acquired by the students. There is an articulation of the syllabus with the research work to be done.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O trabalho será desenvolvido em estreita colaboração com o(s) orientador (es) para a discussão das linhas mestras orientadoras do trabalho a realizar e da sua correcta evolução ao longo da unidade curricular. O trabalho conducente à Dissertação, poderá ser realizado em ambiente académico ou académico e empresarial, sendo neste caso necessário também um orientador na empresa.*

*A avaliação é realizada em provas públicas de defesa da Dissertação perante um júri com três ou mais elementos, constituído pelo (s) orientador (es) e por professor(es) da FCTUC. Pode ainda existir um examinador externo.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The work will be carried out in close collaboration with a supervisor that is responsible for providing students with help and guidance and the correct progress of the course. The dissertation thesis can be carried out either in an academic or in an academic-enterprise environment. In the later a supervisor in the enterprise is also necessary.*

*Evaluation is done in a public presentation. The examining committee normally consists of two professors from FCTUC plus his or her supervisor(s) and eventually an external examiner*

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

*Tendo como objetivos principais o desenvolvimento de capacidades de pesquisa e trabalho com elevado grau de autonomia, a metodologia de ensino parece completamente adequada à prossecução desses objetivos.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*As the main goal of this course is to develop the students' capacity to undertake research work with a high degree of autonomy and to consolidate acquired knowledge, the teaching methodology is in accordance with the curricular unit objectives.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Outros trabalhos de índole diversa realizados e publicados. | Other published research work.*

**Mapa IV - Electronica de Potência para Veículos Elétricos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Electronica de Potência para Veículos Elétricos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Power Electronics for Electric Vehicles*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28; TP:14h; PL:14h****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****André Manuel dos Santos Mendes; T:28h; TP:14h; PL:14h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Com este curso pretende-se que o aluno adquira conhecimentos sobre alguns dos principais sistemas constituintes dos veículos elétricos e a sua integração nas microrredes. Será dada especial ênfase ao projeto e comando de conversores de eletrónica de potência usados para a tração, para a transferência de energia nos carregamentos de baterias, bem como os usados na integração dos veículos elétricos nas microrredes.**

**No final desta unidade curricular o aluno deverá conhecer os conversores de eletrónica de potência associados ao veículo elétrico, algumas plataformas de controlo digital, o hardware complementar para leitura e acondicionamento de sinais de sensores, bem como efetuar a integração do veículo elétrico numa microrrede.**

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

**The aim of this course is to give students some skills about the main electric vehicle systems and its integration into microgrids. Particular emphasis will be given to the design of power electronics converters used for traction and for energy transfer to batteries charging, as well as those used for the integration of electric vehicles into microgrids.**

**At the end of this course unit students should identify the power electronics converters associated with the electric vehicle, some digital control platforms, the complementary hardware for reading and conditioning of sensor signals, as well as perform the integration of the electric vehicle into a microgrid.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Eletrificação do Veículo: Introdução e definição; Veículos totalmente elétricos; Opções de carregamento e infraestruturas.**

**2. Arquiteturas de carregamento para veículos elétricos; Carregadores onboard; Carregadores off-board; Normas para carregamento; Estratégias de controlo.**

**3. Sistemas de carregamento; Com fios; Características; Sem fios; Princípio de funcionamento; Sistemas indutivos e capacitivos; Circuitos de ressonância; Transferência estática; Transferência dinâmica**

**4. Tecnologia das baterias usadas nos transportes elétricos; Tecnologia das baterias; Principais parâmetros; Gestão das baterias e métodos de carga.**

**5. Microrredes; Definição de Microrrede; Microrrede AC; Microrrede DC; Microrrede AC vs DC.**

**6. Transformador eletrónico de potência; Constituição e suas aplicações; Transformador para DC; Ligação série; Ligação paralela; Transformador para AC; Tipos de topologias e funcionamento.**

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Vehicle Electrification: Introduction and Definition; Full-Electric Vehicles; Charging Options and Infrastructure.**

**2. Charging Architectures for Electric Vehicles; Onboard Chargers; Off-Board Chargers; Charging Standards; Control Schemes for Charging Converters.**

**3. Charging Systems; Direct connection; Wireless transfer; Working principle; Inductive and capacitive systems; Resonance Circuits; Static transfer; Dynamic transfer.**

**4. Battery Technologies for Transportation Applications; Battery Technologies; Battery Parameters; Battery**

**Management and Charging Methods.****5. Microgrids; Definition of Microgrid; AC Microgrid; DC Microgrid; AC v DC Microgrids****6. Power electronic transformer; Characteristics and applications; Transformer for DC; Serial connection; Parallel connection; Transformer for AC; Types of topologies and operation**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*É objetivo desta unidade curricular que os alunos adquiram conhecimentos sobre os diferentes tipos de conversores de eletrónica de potência associados aos sistemas de mobilidade elétrica, nomeadamente aos que integram os veículos elétricos e os que são usados para efetuar o carregamento das suas baterias. Estes temas são analisados nos primeiros 4 capítulos.*

*Após esta exposição de matéria, é analisada a integração dos veículos elétricos nas microrredes e apresentados alguns sistemas que permitem efetuar esta interface, designadamente o transformador eletrónico de potência.*

*Assim, no capítulo 5 é introduzido o conceito de microrrede e discutidos alguns aspetos tecnológicos relacionados com os tipos de microrrede DC e AC.*

*No capítulo 6 é introduzido o transformador eletrónico de potência e apresentadas alguma aplicações. Será analisado o seu funcionamento nas diversas formas de ligação a diferentes tipos de rede*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*This course unit aims to provide students with knowledge about different types of power electronic converters associated with electric mobility systems, namely those that integrate electric vehicles and those used to charge their batteries. These themes are analyzed in the first 4 chapters.*

*After this discussion, the integration of electric vehicles into micro grids is analyzed and some systems that allow an interface between them are presented, namely the power electronic transformer.*

*Thus, in Chapter 5 the concept of microgrid is introduced and some aspects related to DC and AC types are discussed. In chapter 6 the power transformer is introduced and some applications are presented. It will be analyzed its operation with different connection forms to different network types.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, com recurso a meios audiovisuais, para exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais. Aulas teórico-práticas com resolução de exercícios que permitam a consolidação de conceitos que exijam a conjugação de noções teóricas distintas e promovam o raciocínio crítico sobre o funcionamento das várias máquinas elétricas.*

*Aulas laboratoriais com execução de trabalhos experimentais ou de simulação, com posterior tratamento e interpretação dos resultados. Realização de um pequeno projeto de hardware ou de simulação com entrega de relatório.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical classes, using audiovisual aids, with detailed presentation of the concepts, principles and fundamental theories. Lectures for solving practical exercises that allow the consolidation of concepts that require a combination of different theoretical principles and promote critical thinking about the operation of different energy converters.*

*Laboratory classes with implementation of experimental or simulation works, including treatment and interpretation of results. Accomplishment of a small hardware or software project with report delivery is also required.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática, que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.*

*Nas aulas laboratoriais procura-se familiarizar os alunos questões práticas relacionadas com as matérias selecionadas. O tratamento, a interpretação dos resultados e a escrita dos relatórios criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.*

*A realização de um pequeno projeto complementa a formação do aluno através do incentivo à pesquisa de soluções que permitam resolver o problema que enfrenta.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development.*

*The knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

*In the laboratory classes, simple experiments to assess physical properties are carried out to familiarize students with practical issues. The treatment and interpretation of the results and the writing up of test reports build up in the students competencies in autonomous learning and written communication.*

*Carrying out a small project complements the student's education by encouraging research solutions to solve the problem that faces.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *"Technologies and Applications for Smart Charging of Electric and Plug-in Hybrid Vehicles", O. Veneri and A. G., Springer International Publishing (2017).*

[2] *"Wireless power transfer for electric vehicles and mobile devices", C. T. Rim and C. Mi, IEEE Press / Wiley (2017).*

### Mapa IV - Elementos Finitos Aplicados à Engenharia Eletrotécnica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Elementos Finitos Aplicados à Engenharia Eletrotécnica*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Finite Elements for Electrical Engineering*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*ENERG*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h; PL:28h*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Tony Richard de Oliveira de Almeida; T:14h; PL:14h*

#### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra; T:14h; PL:14h*

#### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Esta unidade curricular (uc) procura introduzir o método dos elementos finitos (MEF) na análise de fenómenos eletromagnéticos e térmicos, acoplados ou não. Ao concluir com sucesso a uc, o aluno deverá ser capaz de:*

- ter um conhecimento fundamental do MEF;*
- aplicar a formulação matemática do MEF na resolução de simples equações diferenciais lineares ordinárias e parciais;*
- ter em atenção as considerações necessárias na modelação pelo MEF e as limitações que lhe estão associadas;*
- desenvolver uma análise crítica na interpretação dos resultados obtidos a partir de simulação numérica pelo MEF;*
- ser capaz de utilizar uma aplicação informática de análise por MEF na análise de problemas elementares de aplicações eletromagnéticas e térmicas, acopladas ou não.*

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

*This course introduces the Finite Element Method (FEM) which is intended for the analysis of coupled and non-coupled thermal and electromagnetic phenomena. After successful attendance of the course, students will:*

- *have a fundamental knowledge on FEM*
- *apply the FEM numerical formulation for solving simple ordinary and partial linear differential equations;*
- *be aware of the considerations required for FEM modelling, and the limitations associated;*
- *develop a critical analysis for the interpretation of results obtained from the numerical simulation using FEM;*
- *be able to work with an FEM commercial software for the analysis of elementary coupled and non-coupled thermal and electromagnetic problems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Equações de Maxwell. Campos eletrostáticos, campos magnetostáticos e campos magnetodinâmicos.*
2. *Cálculo das variações. Lema fundamental do cálculo das variações. Métodos variacionais. Método de Ritz. Método dos resíduos ponderados.*
3. *Modelização por elementos finitos. Discretização do domínio. Condições-fronteira. Obtenção da solução numérica. Análise de aplicações em problemas eletrostáticos, magnetostáticos, magnetodinâmicos e térmicos simples.*
4. *Análise do erro cometido com o MEF. Convergência da solução. Exatidão da solução.*
5. *Introdução a uma aplicação informática de elementos finitos. Ambiente e representação gráfica.*
6. *Pré-processamento. Conceitos para a criação de geometrias. Criação de malhas. Modelização física.*
7. *Processamento do modelo. Processadores numéricos (solvers).*
8. *Análise de resultados e pós-processamento.*
9. *Criação de alguns modelos de análise numérica. Aplicações magnéticas. Aplicações elétricas. Aplicações térmicas. Aplicações acopladas.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Maxwell's equations. Electrostatic fields. Magnetostatic fields. Magnetodynamic fields.*
2. *Calculus of variations. Fundamental Lemma of variational calculus. Variational methods. Ritz Method. The Method of Weighted Residuals.*
3. *Finite element modelling. Discretization of the domain. Boundary conditions. Numerical solution. Analysis of elementary electrostatic, magnetostatic, magnetodynamic and thermal problems.*
4. *Finite element error analysis. Convergence of solution. Accuracy of the solution.*
5. *Introduction to a finite element software. Environment and graphic representation.*
6. *Pre-processing. Concepts on creating model geometries. Concepts on creating meshes. Physical modelling.*
7. *Model processing. Numerical solvers.*
8. *Analysis of the results. Post-processing.*
9. *Building some numerical models. Magnetic applications. Electric applications. Thermal applications. Coupled applications.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conceitos fundamentais sobre o Método dos Elementos Finitos (MEF), assim como a sua aplicação para casos básicos e elementares, tendo em atenção as particularidades desta metodologia são assegurados nos pontos 1 a 2 do programa. A análise crítica dos resultados que podem ser alcançados com este método é atestada no ponto 4 do programa. O envolvimento do aluno com uma aplicação informática de análise por elementos finitos para o estudo de aplicações eletromagnéticas e térmicas, acopladas ou não, é assegurado nos pontos 5 a 9 do programa.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The fundamental concepts on the Finite Element Method (FEM), as well as its application to basic and elementary cases, taking into account the particularities of this methodology, are provided in topics 1 and 2 of the syllabus. The critical analysis of the results obtained from this method is demonstrated in topic 4. The engagement of the student with a computer software application based on finite element analysis for the study of coupled and non-coupled electromagnetic and thermal applications is provided in topics 5 to 9.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*A unidade curricular funciona com dois tipos de aulas: 1) aulas teórico-práticas, com apresentação e discussão dos conceitos numéricos que descrevem o método dos elementos finitos, incluindo a resolução de problemas; 2) aulas de prática laboratorial utilizando uma ferramenta informática de elementos finitos, e com ela desenvolver trabalhos de simulação numérica. Os alunos terão que desenvolver e apresentar um trabalho de projeto de modelação e análise em elementos finitos com recurso à aplicação informática usada nas aulas.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The course is based on two types of classes: 1) theoretical-practical classes, where numerical concepts that describe the finite element method will be presented and discussed, including problem solving; 2) laboratory classes, where a finite element software will be used for developing numerical simulation works with the students. The students will*

*have to present a project on finite element modeling and finite element analysis using the computer program introduced in the classes.*

- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As metodologias de ensino e de avaliação permitem aos alunos explorar de forma faseada os objetivos da unidade curricular (uc) segundo uma aprendizagem continuada e de valorização pessoal, desenvolvendo técnicas genéricas e específicas na área da simulação e análise numérica por elementos finitos.*

*As aulas teórico-práticas oferecem aos alunos os conceitos fundamentais do Método dos Elementos Finitos (MEF), consolidados com a resolução de problemas que permitirão aplicar os conhecimentos adquiridos.  
 As aulas de prática laboratorial permitem o contacto com uma ferramenta informática para a modelação e análise segundo o MEF, com a qual são desenvolvidos e estudados pequenos projetos de modelação numérica, permitindo aos alunos desenvolver as competências propostas no âmbito da uc.*

*O projeto permite o desenvolvimento de competências na resolução problemas e na aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, inculcando capacidades de análise e de síntese.*

- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology as well as the evaluation method, will allow students to move and explore step by step the course objectives in a continuous learning process and personal development, leading to the development of some generic and specific technical competencies on numerical simulation and analysis based on finite elements.*

*The theoretical-practical classes offer the right environment for students to learn the basic concepts on the Finite Element Method (FEM), which are consolidated with problem solving for applying the acquired knowledge.*

*The laboratory practical classes allow contact with a software tool for modeling and analysing using the FEM. The development and study of small projects will enable students to develop the skills proposed in the course.*

*The project allows the development of skills in problem solving and practical application of the knowledge acquired, enhancing analysis and synthesis capabilities.*

- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *Salon, S. J. (1995) Finite element analysis of electrical machines, Kluwer Academic Publishers (Cota: C7410-SAL/B).*
- *Ida, N. (1997) Electromagnetics and calculation of fields, 2nd ed., Springer (Cota: C7400-IDA/B).*
- *Silvester, P. P. (1996) Finite elements for electrical engineers, 3rd. ed., Cambridge University Press (Cota: C7410-SIL).*
- *Jin, J. (1993) The finite element method in electromagnetics, John Wiley & Sons (Cota: C7410-JIN).*
- *Sadiku, N. O. (1992) Numerical techniques in electromagnetics, CRC Press (cota: B5000-MAT/B).*
- *Reddy, J. N. (2006) An introduction to the finite element method, 3rd ed., McGraw-Hill (cota: B-519.6-RED).*

#### Mapa IV - Eletrónica de Potência

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Eletrónica de Potência*

- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Power Electronics*

- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**  
*ENERG*

- 4.4.1.3. Duração:**  
*semestral*

- 4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*162*

- 4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*T:28h; TP:14h; PL:14h*

- 4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****André Manuel dos Santos Mendes; T:28h; TP:14h; 2x(PL:14h)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se transmitir ao aluno conhecimentos sobre a ação dos conversores de eletrónica de potência no controlo do fluxo de energia elétrica entre diferentes tipos de fontes (ac e dc) e diferentes tipos de cargas elétricas (R, RL e RC), como por exemplo no acionamento de máquinas elétricas, fontes de alimentação comutadas e em sistemas de energias renováveis, entre outras.*

*No final desta unidade curricular, os alunos devem saber distinguir os conversores de comutação natural dos conversores de comutação forçada e analisar o funcionamento de conversores AC-DC, DC-AC, DC-DC e AC-AC. Para uma determinada aplicação específica, os alunos devem saber selecionar o conversor mais apropriado e selecionar os interruptores semicondutores mais adequados.*

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

*The aim of this course is to give students some skills about the action of power electronic converters on the energy flow control between different types of sources (ac and dc) and different types of electric charges (R, RL, RC, electrical machines.*

*At the end of this course, students should be able to distinguish between natural switching converters and forced switching converters, based on the analysis of voltage and current waveforms, observed at the input side or output side.*

*For a given application, students should be able to select the most suitable power electronic converter and choose the most appropriate semiconductor power switches*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à Eletrónica de Potência; 1.1 Aplicações da Eletrónica de Potência; 1.2 Classificação dos conversores de Eletrónica de Potência.**
- 2. Principais características dos interruptores semicondutores de potência; 2.1 Características estáticas; 2.2 Perdas associadas aos conversores de potência; 2.3 Características de comando dos semicondutores.**
- 3. Retificadores monofásicos e trifásicos não controlados, de comutação natural e comutação forçada; 3.1 Aplicações e seleção do tipo de semicondutores; 3.2 Conversor de meia ponte e ponte completa.**
- 4. Conversores DC-DC do tipo Buck, Boost, Buck-Boost e Cuk; 4.1 Controlo da tensão de saída.**
- 5. Inversores monofásicos e trifásicos; 5.1 Aplicações e classificação dos inversores; 5.2 Técnicas de comando**
- 6. Conversores AC-AC sem barramento DC intermédio; Configurações monofásica e trifásica.**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Power Electronics Introduction; 1.1 Applications of Power Electronics; 1.2 Classification of Power Electronic Converters.**
- 2. Main characteristics of power electronic switches; 2.1 Static characteristics; 2.2 Losses associated to power electronic converters; 2.3 Gate signal characteristics.**
- 3. Single-phase and three-phase rectifier: no-controlled, natural and forced commutations; 3.1 Applications and selection of semiconductors; 3.2 Half-bridge and full-bridge configurations.**
- 4. DC-DC converters: Buck, Boost, Buck-Boost and Cuk; 4.1 Output voltage control.**
- 5. Single-phase and three-phase inverters; 5.1. Applications and types of inverters; 5.2 Control techniques**
- 6. AC-AC Converters without dc-link bus; 6.1 Single-phase and three-phase configuration**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*É objetivo desta unidade curricular garantir que os alunos adquiram conhecimentos sobre as estruturas dos conversores de eletrónica de potência mais comuns e como o fluxo de energia é regulado, através do uso de interruptores semicondutores, tal como exposto nos capítulos 1 e 2. Nos capítulos 3, 4, 5 e 6 são abordadas as principais características de funcionamento dos conversores monofásicos e trifásicos e são apresentadas equações*

*matemáticas que permitem calcular alguns parâmetros relativos ao seu funcionamento, tais como valores médios, valores eficazes, fator de potência e distorção harmónica, entre outros.*

*No capítulo 5 são abordadas algumas técnicas de comando dos inversores, tais como os comandos de onda quadrada, o deslocamento de fase e a modulação de largura de impulso (PWM). São ainda analisados alguns detalhes sobre o uso de plataformas digitais para controlar conversores de potência.*

*No Capítulo 6 são analisados os conversores AC-AC que não usam barramento DC.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*It is aim of this course that students can acquire some skills about the different types of basic power electronic converters and how they control the energy flow through the use of power semiconductors, as discussed in Chapters 1 and 2.*

*Chapters 3, 4, 5 e 6 present the main operating characteristics of single-phase and three-phase power converters. In these chapters are also shown equations used to calculate the principal converter operating parameters such as mean values, the rms, power factor and total harmonic distortion, among others.*

*In chapter 5 some command techniques for inverter semiconductors are discussed, such as the commands related with the square wave, phase-shift and pulse width modulation (PWM). During this chapter some details about digital platforms used to control the power electronic converters are analyzed.*

*In Chapter 6 the AC-AC converters that do not use DC bus are discussed.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, com recurso a meios audiovisuais, para exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais. Aulas teórico-práticas com resolução de exercícios que permitam a consolidação de conceitos que exijam a conjugação de noções teóricas distintas e promovam o raciocínio crítico sobre o funcionamento dos vários conversores.*

*Aulas laboratoriais com execução de trabalhos experimentais, através do uso de módulos de hardware, com posterior tratamento e interpretação dos resultados. Realização de um pequeno projeto de hardware ou de simulação com entrega de relatório.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical classes, using audiovisual aids, with detailed presentation of the concepts, principles and fundamental theories. Lectures for solving practical exercises that allow the consolidation of concepts that require a combination of different theoretical principles and promote critical thinking about the operation of different power electronic converters.*

*Laboratory classes with implementation of experimental works based on hardware modules, including treatment and interpretation of results. Accomplishment of a small hardware or software project with report delivery is also required*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A estratégia e o método de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática, que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.*

*Nas aulas laboratoriais procura-se familiarizar os alunos com o funcionamento dos conversores de potência. O tratamento, a interpretação dos resultados e a escrita dos relatórios criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.*

*A realização de um pequeno projeto complementa a formação do aluno através do incentivo à pesquisa de soluções que permitam resolver o problema que enfrenta.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development.*

*The knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

*In the laboratory classes, simple experiments to assess physical properties are carried out to familiarize students with power electronic converters. The treatment and interpretation of the results and the writing up of test reports build up in the students competencies in autonomous learning and written communication.*

*Carrying out a small project complements the student's education by encouraging research solutions to solve the problem that faces.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*"Introduction to modern power electronics", Andrzej M. Trzynadlowski, JohnWiley & Sons, Third edition, 2016.*

- *“Power Electronics: Advanced Conversion Technologies”, F. Lin Luo and H. Ye., Second Edition, CRC Press, 2018*

#### Mapa IV - Eletrónica para Telecomunicações

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Eletrónica para Telecomunicações*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Electronic for Telecommunications*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*TEL*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP:28; PL:28*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Marco Alexandre Cravo Gomes; TP:28; PL:28*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*<sem resposta>*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Adquirir os conceitos básicos relacionados com a análise e projecto de circuitos electrónicos de RF utilizados em telecomunicações, com foco na sua implementação monolítica em tecnologias VLSI bipolar e CMOS. Com esta unidade curricular os alunos deverão ser capazes de analisar, projetar e validar por simulação (usando software de referência no desenho de circuitos RF como sendo a ferramenta ADS-Advanced Design Systems ) ou experimentalmente em laboratório circuitos de adaptação de impedâncias, amplificadores de baixo ruído, amplificadores sintonizados, amplificadores de potência e misturadores.*

##### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Acquire the basic concepts related to analysis and design of RF electronic circuits used in telecommunications, with focus on their implementation in monolithic bipolar and CMOS VLSI technologies. With this course students should be able to analyze, design and validate through simulation (using leading software tools in RF design such as the tool ADS-Advanced Design Systems ) or lab experimentally electronic circuits such as impedance transformer circuits, low-noise amplifiers, tuned amplifiers, power amplifiers, and mixers.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à electrónica de RF: conceitos básicos.*
- 2. Componentes passivos em RF:  
- circuitos RLC tanque e redes de adaptação de impedância.*

**3. Técnicas de estimação de largura de banda de amplificadores:**

- método das constantes tempo em circuito aberto, em curto-circuito e teorma de Miller;

**4. Desenho de amplificadores nas altas frequências:**

- amplificadores sintonizados;

- técnicas de unilateralização e neutralização;

- cascata de amplificadores.

**5. Amplificadores de baixo ruído.****6. Amplificadores de potência.****7. Osciladores.****8. Misturadores e conversores de frequência.****4.4.5. Syllabus:****1. Introduction to RF Electronics: basic concepts****2. Passive components in RF:**

- RLC tank circuits and impedance matching networks.

**3. Bandwidth estimation techniques:****4. Design of high frequency amplifiers**

- tuned amplifiers;

- neutralization and unilateralization;

- cascaded amplifiers.

**5. Low noise amplifiers.****6. Power amplifiers.****7. Oscillators.****8. Mixers and frequency converters.****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos são os ajustados a uma introdução à análise de circuitos electrónicos de RF, conforme a literatura de referência na área. O desenvolvimento de diferentes tecnologias de comunicação sem fios de elevado débito, operando nas mais diversas bandas de frequência, torna necessário o desenvolvimento de “rádios” altamente integrados com diferentes características. Atendendo ao enfoque digital dos sistemas de comunicações actuais, o desenho/projecto de circuitos electrónicas de RF, foca-se no front-end dos sistemas transmissores/receptores após a conversão digital/analógica ou antes da conversão analógica/digital (no receptor), com foco na implementação em circuitos monolíticos VLSI tendo em consideração o elevado/requerido nível de integração dos sistemas. Neste sentido, os tópicos a abordar, versam o estudo dos principais módulos RF que compõem o front-end analógico dos sistemas de comunicação actuais capazes de operar em muito altas-frequências.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The course contents are adjusted to an introduction to the analysis of electronic RF circuits, according to the reference literature in the area. The development of many different technologies of wireless digital communications, having high throughput, and spanning different frequency bands, lead to the necessary developpment of highly-integrated “radios” with different characteristics. Given the digital focus of current communication systems, the design of RF electronic circuits is focused on the analog front-end of the communication systems transceivers, after the digital-to-analog conversion at transmitter and before analog-to-digital conversion at the receiver, with attention to their monolithic VLSI implementation taking into account the high required level of system integration. In this sense, the addressed topics focus the study on the main RF modules that make up the analog front-end of the existing communication systems capable of operating at very high frequencies.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas-práticas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais. Ilustração dos conceitos com a apresentação de casos de estudo que exemplifiquem a sua aplicação a situações reais e resolução de exercícios.*

*Aulas laboratoriais de caracter experimental ou de simulação (com recurso a ferramentas computacionais de simulação/projecto de circuitos RF) em que se pretende que os alunos, apliquem os conceitos teóricos apreendidos com vista à consolidação dos mesmos.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical-practical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.*

*Laboratory classes of a experimental-type or simulation-type (using software for design/simulation of RF circuits) in which students should apply theoretical concepts that were taught in order to consolidate the same.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua*

**valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**  
**Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas-práticas e a realização de trabalhos experimentais laboratoriais e de simulação com recurso a ferramentas computacionais de simulação/projecto de circuitos RF, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese, concretamente na análise e projeto de circuitos electrónicos de RF utilizados em telecomunicações.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.***

***With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical-practical classes and experimental work in lab and through simulation using software for design/simulation of RF circuits, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis, specifically in the analysis and design of RF electronic circuits used in telecommunications.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- **Razavi, Behzad (2012) – RF Microelectronics (2nd ed), Prentice Hall.**
- **Thomas H. Lee (2004) – The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, Cambridge University Press.**
- **Bosco Leung (2011) – VLSI for Wireless Communication (2nd ed), Springer.**
- **Sedra, Adel S. and Kenneth Smih (2011) – Microelectronic Circuits (6th ed), Oxford University Press**

**Mapa IV - Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Electric Energy and Sustainable Development***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***ENERG***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***TP:56h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

***Humberto Manuel Matos Jorge; TP:56h***

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Após a frequência com aproveitamento da disciplina os alunos ficam com capacidade para:*

- *interpretar análises de conjuntura energética de países/regiões*
- *interpretar dados relativos aos impactos ambientais e económicos da eletrificação da economia*
- *avaliar a contribuição de medidas de política energética para os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU*
- *avaliar políticas e programas de eficiência energética*
- *participar em equipas interdisciplinares de conceção de medidas e programas de eficiência energética numa perspetiva de múltiplos benefícios.*

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

*Upon successful completion of the course, the students are capable of*

- *interpret and assess energy situation analyzes of countries or regions*
- *interpret data on the environmental and economic impacts of electrification of the economy*
- *assess the contribution of energy policy measures to the UN Sustainable Development Goals (SDG)*
- *evaluate energy efficiency policies and programs*
- *participate in interdisciplinary teams for the design of energy efficiency measures and programs from a multi-benefit perspective*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O papel da energia elétrica no abastecimento em energia final.*

*Fontes de energia primária e respetiva importância relativa.*

*Importância relativa da energia elétrica nas emissões de gases de efeito de estufa.*

*Os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) na relação com a energia elétrica.*

*Pilares principais das políticas energéticas. A tendência contemporânea da eletrificação da economia.*

*Influência expectável das tecnologias emergentes (inovação tecnológica) nos sistemas de energia elétrica e na procura.*

*Sistemas de preço - relação com a sustentabilidade do usos dos recursos.*

*Eficiência energética nas políticas públicas como pilar fundamental da sustentabilidade.*

*Influência do comportamento na eficiência da utilização da energia.*

*Formas de organização da indústria da eletricidade na relação com a sustentabilidade.*

*O papel das empresas do setor elétrico. Planeamento integrado de recursos.*

*Economia circular - principais e objetivos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*The role of electricity in final energy supply.*

*Primary energy sources and their relative importance.*

*Relative importance of electricity in greenhouse gas emissions.*

*Electric energy in the context of the UN sustainable development goals.*

*Main pillars of energy policies. The contemporary trend of electrification.*

*Expected influence of emerging technologies (technological innovation) on electric energy systems and on electricity demand.*

*Tariff systems vis-a-vis the sustainability of resource use.*

*Energy efficiency in public policies as a fundamental pillar of sustainability.*

*Influence of behavior on energy efficiency.*

*The role of electric utility companies in the promotion of energy efficiency. Integrated resource planning.*

*Forms of organization of the electricity industry.*

*Circular economy*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os assuntos constantes do conteúdo programático estão estruturados de forma a construírem nos alunos as competências desejadas. De facto, a sequência de temas vai progredindo ao longo do semestre segundo uma lógica de progressivo detalhe, começando com as questões de natureza geral, relativas aos contextos energéticos e ambientais de países/regiões bem como do conjunto da economia mundial, até às questões de detalhe das orientações e da concretização das políticas públicas relativas à promoção da eficiência energética. Todas as competências apontadas decorrem da adoção desta abordagem aos conteúdos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The subjects contained in the syllabus are structured in order to build in the students the desired skills. In fact, the sequence of themes develops throughout the semester according to a logic of progressive detail, starting with the more general questions concerning the energy and environmental contexts of countries / regions, as well as the world*

***economy as a whole, to the guidelines and the implementation of public policies on the promotion of energy efficiency. All the competences pointed out derive from the adoption of this approach to content***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

***As matérias da unidade curricular são suscetíveis de rápida obsolescência, pelo que exigem atualização muito frequente, de preferência anual.***

***As apresentações têm um caráter duplo de apresentação dos assuntos e de lançamento de questões para debate em cada aula. Os meios de exposição são pontuados com questões colocadas de modo a suscitar a organização de conclusões pelos alunos.***

***A participação dos alunos nas aulas exige que estes possuam meios para permitir a realização de pesquisas ou exercícios, a propósito dos quais o docente aproveita para criar espírito crítico nos alunos.***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***Course subjects are susceptible to rapid obsolescence and require frequent updating, preferably on an annual basis.***

***Sequences of slides have a dual purpose of presenting subjects and launching questions for debate in each class.***

***Expositions of subjects are punctuated with questions strategically placed throughout the subject to induce the students to reach conclusions, in a process guided by the professor.***

***Students' participation in class requires that they have means to allow research or practice through exercises, which the professor also uses to help create critical judgement capability.***

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

***As competências a adquirir pelos alunos exigem capacidade de pesquisa, de raciocínio crítico, de lógica dedutiva, de sistematização de ideias, de alguma abstração analítica. Assim, a exigência de atividade de pesquisa orientada suscitada por desafios resolvidos em modo de debate, nas aulas, constituem um caminho possível para atingir os resultados desejados.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The desired learning outcomes require that the students develop research skills, critical thinking, deductive logic, systematization of ideas, capacity for analytical abstraction. Thus, the demand for oriented research activity raised by challenges addressed in class, through discussion, constitute a possible way to achieve the desired results***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***Informação disponível em sítios Internet credíveis tanto quanto da preparação dos temas pelo docente, sob a forma de apresentações, como estudo dos alunos***

**Mapa IV - Engenharia de Microondas e Antenas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Engenharia de Microondas e Antenas***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Antennas and Microwave Engineering***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***TEL***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***TP:28; PL:28***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Maria do Carmo Raposo de Medeiros; TP:28;*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Prof. Auxiliar Convidado; PL:28;*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Aprendizagem dos princípios fundamentais da radiação e propagação de ondas eletromagnéticas e a sua aplicação à análise, projeto e caracterização dos principais tipos de antenas mais usados em telecomunicações. Fornecer os conceitos fundamentais de engenharia de rádio-frequência com vista à análise, projeto e caracterização de circuitos de microondas. Esta disciplina proporciona aos alunos a aplicação prática destes conceitos através do contacto com equipamento de medida específico para microondas e caracterização de antenas. O aluno também terá oportunidade de utilizar software especializado como por exemplo o Advanced Signal System (ADS), CST Design Studio Suite e/ou AntennaMagus para o desenho e análise de circuitos de microondas e antenas.*

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

*Learning the fundamental principles of the radiation and propagation of electromagnetic waves and their application to the analysis, design and characterization of the most common types of antennas used in telecommunications. To provide the fundamental concepts of radio frequency engineering for the analysis, design and characterization of microwave circuits. This course provides students with the practical application of these concepts through contact with a microwave and antenna instrumentation laboratory and the possibility to perform microwave and antenna design using specialized simulation software such Advanced Signal System (ADS), CST Design Studio Suite and/or AntennaMagus to design simple microwave circuits and antennas*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução aos sistemas de microondas e antenas*

*Fundamentos de radiação e tópicos de desenho de antenas.*

*Agregados de antenas e aplicações.*

*Componentes e circuitos de microondas.*

*Instrumentação para caracterização de componentes de microondas e antenas.*

*Princípios de desenho de circuitos microondas. Desenho, fabricação e teste de alguns circuitos de microondas e antenas.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to microwave systems and antennas.*

*Radiation principles and antenna design aspects.*

*Antenna arrays and applications.*

*Passive and active microwave devices and circuits figures of merit*

*Instrumentation for characterization of microwave components and antennas*

*Microwave design principles. Design, fabrication and test of selected functional microwave circuits and antennas.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O programa desta disciplina começa por identificar as figuras de mérito de sistemas de comunicação de microondas e das antenas. De seguida são estudados os princípios físicos que explicam a radiação de ondas eletromagnéticas e os principais tipos de antenas. São estudados os princípios fundamentais de desenho de circuitos de microondas que são aplicados no desenho de circuitos incluindo o desenho de antenas microstrip. O aluno terá oportunidade de se familiarizar com o projeto de circuitos e antenas de microondas, desde a fase do conceito, desenho, simulação, optimização, fabricação e teste.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus of this curricular unit starts by identifying the basic figures of merit of microwave systems and antennas and provides tools for system performance evaluation. Follows the study of the physical principles that explain the electromagnetic wave radiation and the design of antennas. The design of simple microwave circuits leads to the design of microstrip antennas. The course is supported by laboratory experiments and design, fabrication and test of simple microwave circuits and antennas.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teórico-práticas com exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais, e com a resolução de exercícios elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais. Aulas laboratoriais onde são caracterizadas experimentalmente as propriedades de radiação de algumas antenas convencionais. Desenho de circuitos simples de microondas, com o suporte de um simulador de microondas, fabricação e teste.*

*Avaliação: Trabalhos práticos computacionais-20%;Trabalhos práticos laboratoriais-20%; Exame final-60%*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical and practical classes with a detailed presentation of the concepts, principles, and fundamental theories. In addition, several basic practical exercises will be solved to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases. Laboratorial classes where the student will experimentally characterize the radiation properties of some standard antennas. Design of simple microwave circuits with the support of a simulation platform, fabrication and experimental assessment.*

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

*A unidade curricular assenta em três componentes: teoria, compreensão e implementação. As componentes teóricas e de compreensão são suportadas pelas aulas teórico-prática, enquanto que a componente de implementação é concretizada nas aulas laboratoriais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The course is supported by three components: theory, understanding and implementation. Theory and understanding components are supported by theoretical-practical classes, while the implementation component is realized in laboratory classes.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Pozar, D.M., Microwave and RF design of Wireless Systems, John Wiley & Sons, 2000.*

*Gustrau, F., RF and Microwave Engineering, John Wiley & Sons, 2012.*

*Balanis, C., Antenna Theory - analysis and design, John Wiley & Sons, 2016.*

*Kai Fong Lee, Principles of Antenna Theory, JohnWiley, 1984*

*John D. Kraus and Ronald J. Marhefka, Antennas for All Applications, McGraw-Hill, 3rd edition, 2002*

*Poole, C. e Darwazeh, I., Microwave Active Circuit Analysis and Design, Academic Press, 2016.*

*Steer M., Microwave and RF Design: a system approach, SciTech Publishing, 2010.*

*Collin, R. E., Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill, 2005.*

*D. Pozar, Microwave Engineering, John Wiley & Sons, New York, 2004.*

*Robert E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, Wiley-IEEE Press, 2nd Edition, 2001.*

**Mapa IV - Engenharia de Redes de Comunicação****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Engenharia de Redes de Comunicação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Communication Networks Engineering*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:56h*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

*Ensino dos temas teóricos do conteúdo programático da unidade curricular de forma integrada com a resolução de problemas ilustrativos, e com apoio, em sala de aula, a trabalhos de desenvolvimento propostos.*

**4.4.1.7. Observations:**

*Teaching the theoretical themes of the programmatic content of the curricular unit in an integrated way with the resolution of illustrative problems, and with support, in the classroom, to proposed development work*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Teresa Martinez dos Santos Gomes; TP:20h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins; TP:18h*

*Rita Cristina Girão Coelho Silva; TP:18h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se que os alunos adquiram conceitos sobre a organização de uma rede de comunicações. Outro objetivo é a aprendizagem de modelos matemáticos básicos da teoria dos sistemas de teletráfego, tendo em vista criar competências em termos de análise da qualidade de serviço (QoS) e dimensionamento dos sistemas e redes de telecomunicações. Pretende-se sensibilizar os alunos para questões de fiabilidade e disponibilidade em redes. Os alunos deverão ficar a conhecer diferentes mecanismos de recuperação em redes e deverão saber avaliar as suas vantagens e inconvenientes. Serão ainda adquiridos conhecimentos de simulação de redes, transversais aos vários assuntos abordados na unidade curricular.*

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

*With this curricular unit, the students are expected to learn about the organization of a communication network. Another goal is the study of basic mathematical models of teletraffic systems theory, so that the students may be able to analyse the quality of service (QoS) and solve dimensioning problems in telecommunication systems and networks. The students are expected to acquire knowledge on reliability and availability issues in networks. Different recovery mechanisms will be studied, along with their advantages and disadvantages. The students are also expected to learn about network simulation, which will be applied to the different subjects of the curricular unit*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à arquitetura de redes de comunicação*
- 2. Modelos de desempenho para redes com perda e espera*
- 3. Tópicos de fiabilidade em redes de comunicação*
- 4. Recuperação em redes*
- 5. Conceitos básicos de simulação*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to the architecture of communication networks*
- 2. Performance models for networks with loss and queues*
- 3. Topics of reliability in communication networks*
- 4. Network recovery*
- 5. Basic simulation concepts*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos são os ajustados para um aluno que inicia o estudo de redes de comunicação. Inicialmente é dada uma introdução à estrutura das redes de comunicação, sendo em seguida estudados os modelos de desempenho para redes com perda ou filas de espera, no sentido de criar competências em termos de análise da qualidade de serviço (QoS) e dimensionamento dos sistemas e redes de telecomunicações. No tópico 3 serão introduzidos conceitos básicos de fiabilidade em redes, que permitirão aos alunos calcular a fiabilidade de sistemas simples. São em seguida descritos os mecanismos básicos de recuperação em redes, e analisadas as suas características. O tópico final, conceitos básicos de simulação, será introduzido ao longo da disciplina, no contexto de trabalhos computacionais.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus of this curricular unit is appropriate for a basic study of communication networks. It starts with an*

*introduction to the structure of communication networks, followed by the study of performance models for loss networks and queueing networks. This will provide the students with the tools needed for analysis of the quality of service (QoS) and for dimensioning telecommunication systems and networks. The study of basic concepts of reliability will allow the students to be able to calculate the reliability of simple systems. Some basic recovery mechanisms in networks will be described, and their features will be analyzed. Some basic simulation concepts will be applied in computational works in the context of the different topics of the syllabus.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Os tópicos do programa serão apresentados em detalhes, em termos de conceitos e princípios fundamentais, complementados pela resolução de exercícios práticos que ajudarão os alunos a consolidar seus conhecimentos. Trabalhos computacionais sobre os diferentes tópicos do plano de estudos serão realizados pelos alunos, que deverão implementar modelos simples de teletráfego e simulações de sistemas*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The topics of the syllabus will be presented in detail, in terms of fundamental concepts and principles, complemented by the resolution of practical exercises that will help the students in consolidating their knowledge. Computational works on the different topics of the syllabus will be performed by the students, who will be required to implement simple teletraffic models and system simulations.*

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

*As metodologias de ensino adotadas nesta disciplina têm por objetivo essencial dotar os alunos com competências básicas de engenharia de redes, em particular a capacidade de aplicar modelos de desempenho para redes com perda ou filas de espera, o cálculo de medidas de fiabilidade, e uma compreensão do funcionamento de redes de comunicação através da simulação. Os trabalhos computacionais permitem também, para além do fortalecimento dos conceitos teóricos, através dos programas desenvolvidos, uma melhor compreensão de questões de engenharia (QoS, incluindo fiabilidade) das redes de comunicação.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodologies proposed in this curricular unit are appropriate to provide the students with basic skills in network engineering, in particular: i) the ability to apply performance models to study loss networks and queue networks; ii) the calculation of reliability measures; iii) understanding the functioning of communication networks through simulation. The computational works will strengthen the comprehension of the theoretical concepts, allowing for a better understanding of engineering issues (QoS, including reliability) in the context of communication networks*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*C. Larsson, Design of Modern Communication Networks, Elsevier, 2014.  
N. F. Mir, Computer and Communication Networks, 2nd edition, Prentice-Hall, 2014.  
M. L. Shooman. Reliability of Computer Systems and Networks: Fault tolerance, Analysis and Design. John Wiley and Sons, 2002.  
J-F Vasseur, M. Pickavet, P. Demeester, Network Recovery – Protection and Restoration in Optical, SONET-SDH, IP and MPLS networks, Morgan Kaufmann, 2004.  
Averill M. Law, Simulation and Analysis, 5ª edição, McGraw-Hill, 2015.*

**Mapa IV - Engenharia de Sistemas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Engenharia de Sistemas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Systems Engineering*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:28; PL:28*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Rui Alexandre de Matos Araújo; TP:28; PL:28*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*A disciplina tem por objectivo que os estudantes adquiram conhecimentos e competências na aplicação dos conceitos fundamentais relativos a Engenharia de Sistemas (ES), bem como analisar, compreender e projectar sistemas usando técnicas de ES.*

*Aquisição de competências em análise e síntese, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, autocrítica e auto-avaliação*

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

*The objective of the course is that students acquire competencies required to have knowledge and apply the fundamental concepts concerning Systems Engineering (SE), as well as analyse, understand, and design systems using ES techniques.*

*Acquiring competencies in analysis and synthesis, critical reasoning, problems solving, autonomous learning, adaptivity to new situations, auto-critique and auto-evaluation*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução ao programa; princípios e fundamentos de engenharia de sistemas (ES); ciclos de vida de projecto e do sistema; normas de engenharia de sistemas e segurança; processos de suporte, de projecto, e de realização; gestão técnica, gestão de configuração; garantia de qualidade; dependabilidade e segurança; requisitos; arquitetura; projecto preliminar, projecto e codificação detalhados, implementação, integração, verificação, e validação*

**4.4.5. Syllabus:**

*Program introduction; Principles and fundamentals of systems engineering (SE); Project and system life cycles; Systems engineering and safety standards; Support, design, and realization processes; Technical management, configuration management; Quality assurance; Dependability and safety; Requirements; Architecture; Preliminary design, detailed design and code, implementation, integration, verification, and validation*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos propostos cobrem as matérias, problemas, metodologias, conhecimentos e competências necessárias na aplicação dos conceitos fundamentais relativos à engenharia de sistemas, bem como na análise, compreensão e desenvolvimento de sistemas usando técnicas de engenharia de sistemas. Estes conteúdos são os usuais em disciplinas de Engenharia de Sistemas.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The proposed syllabus contents cover the subjects, problems, methodologies, knowledge, and competencies required for the application of the fundamental concepts related to systems engineering, as well as in the analysis, understanding, and development of systems using systems engineering techniques. These syllabus contents are the usual in Systems Engineering subjects.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas-práticas com exposição, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios, teorias e*

*metodologias e com a apresentação de exemplos práticos.*

*A parte prática da disciplina funciona com aulas práticas laboratoriais, ou, em alternativa, com trabalho de campo; e é focada na realização de tarefas associadas a trabalhos práticos que exijam a aplicação e conjugação de conceitos distintos.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical-practical classes with presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles, theories, and methodologies, and with the presentation of practical examples.*

*The practical part of the course is composed of practical laboratory classes, or, alternatively, by field work; and is focused in the accomplishment of tasks associated to practical works that require the application and combination of different concepts*

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

*A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas-científicas em ES, de algumas competências genéricas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas teóricas-práticas, e com os trabalhos de aplicação prática que se procura que os alunos desenvolvam nas aulas laboratoriais ou no trabalho de campo (em que os objectivos são aplicar conceitos fundamentais de ES; e analisar, compreender e projectar sistemas usando técnicas de ES), estão criadas as condições que permitem aos alunos adquirir competências técnico-científicas em ES, e competências genéricas como as de análise e síntese, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, e autocrítica e auto-avaliação.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodology adopted aims at engaging the students in the learning process and in his personal development, and lead to the development of technical-scientific competencies in SE, as well as some general competencies.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical-practical classes and with the practical application assignments given in the laboratory classes or in the field work (where the goals are to apply fundamental concepts of SE; and analysing, understanding, and designing systems using SE techniques), conditions exist for the students to acquire technical-scientific competencies in ES, as well as general competencies such as the ones of analysis and synthesis, critical reasoning, problems solving, and autonomous learning, adaptivity to new situations, and auto-critique and auto-evaluation.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *INCOSE, Walden, D.D., Roedler, G.J., Forsberg, K.J., Hamelin, R.D., Shortell, T.M. (2015), "Systems Engineering Handbook: A Guide to System Life Cycle Processes and Activities", 4th Edition, Wiley.*
- *NASA (2016), "NASA Systems Engineering Handbook", NASA SP-2016-6105 Rev2, National Aeronautics and Space Administration, NASA, USA.*
- *Fabrycky, B. (2014), "Systems Engineering and Analysis", 5th Edition, Pearson.*
- *Wasson, C.S. (2004), "System Engineering Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices", Wiley.*
- *DoD-SEC (2001), "Systems Engineering Fundamentals", Department of Defense Systems Engineering College (DoD-SEC), USA*

**Mapa IV - Fabricação Digital e Sistemas Micro-Electrónico-Mecânicos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fabricação Digital e Sistemas Micro-Electrónico-Mecânicos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digital Fabrication and MEMS (Microelectromechanical System)*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

162

## 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h ; PL:28h*

## 4.4.1.6. ECTS:

6

## 4.4.1.7. Observações:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.1.7. Observations:

&lt;no answer&gt;

## 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Mahmoud TavakoliT:28h ; 2xPL:28h*

## 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*O aluno deve ser capaz de dominar os métodos de fabricação digital mais comuns, bem como métodos de microfabricação para sistemas microeletromecânicos (MEMS). O aluno vai estar familiarizado com os elementos de composição dos MEMS, tais como sensores e atuadores, e seus princípios de funcionamento. Pretende-se desenvolver capacidade de projetar elementos em software CAD, e construí-los com métodos de fabricação digital, tais como impressoras 3D. Considerando a actual falta de equipamentos para o desenvolvimento de muitos tipos de MEMS, os alunos aprenderão métodos alternativos de baixo custo para desenvolvimento de MEMS.*

## 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*tudent should be able to dominate the most common Digital fabrication methods as well as Microfabrication methods for Microelectromechanical systems (MEMS). S/he will be familiar with compounding elements of MEMS, such as sensors and actuators, and their working principals. They will also be able to design elements in CAD software, and fabricate them with digital fabrication methods such as 3D printers. Considering the lack of equipment for developing many types of MEMS, students will learn alternative low cost methods nearby for development of MEMS.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Fabricação Digital*

- *Desenho assistido por computador (CAD), para estruturas 3-D*
- *Simulação da cinemática e dinâmica de corpos rígidos*

*Fabricação substrativa (CNCs, Wire cut, Spark erosion/EDM)*

- *Fabricação Aditiva (FDM, SLS, STL)*

*Micro Fabricação e MEMS*

- *Materiais*
  - *Técnicas de Microfabricação*
  - *Micromechanics (springs, buckling, torsion, etc.)*
- Actuação (Thermal- Electrostatic- Magnetic-Piezoelectric, SMA, EAP)*
- *Sensores MEMS (óptico-térmico- Fluidico)*
  - *MEMS Flexíveis*

## 4.4.5. Syllabus:

*Digital Fabrication*

- *Computer Aided Design (CAD)*
- *Simulation of the Kinematics and Dynamics of mechanical Systems*
- *Removal Digital Fabrication (CNCs, Wire cut, Spark erosion/EDM)*
- *Additive Fabrication (FDM, SLS, STL)*

*Microfabrication and MEMS*

- *Materials*
  - *Microfabrication Techniques*
  - *Micromechanics (springs, buckling, torsion, etc.)*
- Actuation (Thermal- Electrostatic- Magnetic-Piezoelectric, SMA, EAP)*

- **MEMS Sensors (óptico-térmico- Fluido)**
- **Flexible MEMS**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Plano de Estudos é projetado para um estudante que não tem qualquer conhecimento sobre métodos de desenho e fabricação, para aprender primeiro tais métodos e dominar os métodos de desenho e fabricação digital e mais tarde para aprender sobre os elementos de composição de MEMS. Na primeira parte, os alunos irão aprender algumas dos métodos mais comuns de fabricação subtrativa e aditiva, tais como métodos de impressão 3D. Nos métodos de microfabricação, concentra-se principalmente sobre os métodos de fabricação de MEMS, que permite a criação de elementos micrométricos, nomeadamente os processos de microlitografia, etching e Softlithography para impressão 3-D. O princípio de funcionamento e modelização matemática dos elementos de composição de MEMS, também inclui a apresentação dos princípios de Micromecânica. Finalmente uma breve introdução aos MEMS flexíveis será leccionada aos alunos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Syllabus is designed for a student who does not have any knowledge on design and fabrication methods, to learn first such methods and dominate the design and digital fabrication methods and later to learn the about the compounding elements of MEMS. In the first part, students will learn some of the most common removal and additive fabrication methods such as 3D printing methods. In the Microfabrication methods, focuses mostly on fabrication methods for MEMS that allows creation of micrometric features, such as microlithography, etching, and soft lithography for 3-D printing. The working principle and mathematical modelling of the compounding elements of MEMS, also requires study of Micromechanics which is foreseen in this course. Finally a short introduction to the flexible MEMS will be given to the students.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*O curso terá 50% de aulas teóricas e 50% de aulas práticas e laboratório (PL). Os alunos: - aprenderão Computer Aided Design usando software de CAD para construir, simular e analisar um protótipo virtual de uma sistema; - visitarão um laboratório de fabricação digital (centro de fabricação de impressoras 3D, CNCs e máquinas de corte a laser), onde terão a oportunidade de construir um pequeno modelo; - desenvolverão um projeto de grupo para construir o protótipo virtual em software de CAD. Se possível, os alunos terão a oportunidade de construir um protótipo real do modelo digital.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*This course will be composed of 50% of theoretical classes and 50% of practical and laboratory work. Students will: - learn Computer Aided Design using CAD software to build, simulate and analyze a virtual prototype of a system; - visit a Digital Fabrication Laboratory to get familiar with 3D printers, and laser cutting machines, They will build a virtual prototype in CAD software. If feasible, the students will have the opportunity to build a real prototype of the digital model using a 3D printer*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As aulas teóricas são concebidas de forma a permitir aos estudantes aprenderem as bases de design, simulação, engenharia e produção de elementos e sistemas. As aulas práticas são concebidas de forma a aplicar os conhecimentos mencionados em projetos práticos. Isto é, os estudantes vão fazer um ciclo inteiro de design e fabricação, incluindo desenho em CAD, montagem e simulação dos mecanismos, e ajuste dos parâmetros de produção para fabricação aditiva*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*Theoretical classes are designed in a way that allows the student to learn the basics of design, simulation, engineering and production of elements and systems. The practical classes are designed to apply the aforementioned learning in practical projects. That is, students will perform a whole cycle of design and fabrication, including CAD design, assembly and simulation of the mechanisms, and adjusting the production parameters for additive manufacturing.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Gibson, Ian, David W. Rosen, and Brent Stucker. Additive manufacturing technologies. New York: Springer, 2010.*  
*Gad-el-Hak, Mohamed, ed. MEMS: introduction and fundamentals. CRC press, 2010.*  
*Gad-el-Hak, Mohamed, ed. MEMS: Design and fabrication. CRC press, 2010.*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Investigação Operacional*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Fundamentals of Operational Research*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*MCA*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP: 56*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes; TP: 56*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de optimização em problemas de engenharia, permitindo a identificação de tipos de problemas, a construção modelos matemáticos adequados, a aprendizagem de algoritmos que produzam soluções óptimas para esses modelos. Será dada particular atenção à utilização de packages computacionais para a obtenção de soluções, bem como à análise de sensibilidade das soluções óptimas face à variação dos dados e parâmetros do modelo*

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

*Providing the students with methodological and application competences in the context of optimization in engineering problems, in order to enable them to identify types of problems, develop adequate mathematical models that include the essential characteristics of those problems, and apply algorithms to generate the optimal solutions for the models. Special attention is paid to the use of software packages to obtain the optimal solutions, as well as sensitivity analysis of optimal solutions in face of changes in the model data and parameters*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Programação linear (PL). Formulação de problemas e construção de modelos matemáticos. Resolução gráfica. Método simplex. Teoria da dualidade. Análise de sensibilidade. Programação por metas.*
- 2. Problemas especiais de PL. Problema de transportes. Problema de afectação. Algoritmo Húngaro para resolver o problema de afectação. Problema de transexpedição.*
- 3. Problemas de optimização em redes. Problemas de caminho mais curto. Algoritmo de Dijkstra. Algoritmo de Floyd. Árvore abrangente mínima. Algoritmo de Prim. Caminho mais curto com custos fixos associados à passagem em nodos. Fluxo máximo. Teorema do fluxo máximo - corte mínimo. Algoritmo de Ford-Fulkerson. Fluxo de custo mínimo. Algoritmo baseado em custos modificados.*
- 4. Programação não linear (PNL). Problemas sem e com restrições, programação quadrática, programação convexa, programação fraccionária. Complementaridade. Métodos de gradiente. As condições de Karush-Kuhn-Tucker. Método*

**simplex modificado para programação quadrática.**

**4.4.5. Syllabus:**

1. **Linear Programming (LP). Problem formulation and development of PL mathematical models. Graphical resolution of LP models. Simplex method. Duality theory. Sensitivity analysis. Goal programming.**
2. **Special LP problems. Transportation problem. Assignment problem. The Hungarian algorithm to solve the assignment problem. The transshipment problem.**
3. **Network optimization problems. The shortest path problem. The Dijkstra algorithm. The Floyd algorithm. Minimum spanning tree. The Prim algorithm. Shortest path with fixed costs in nodes. Maximum flow problem. Max flow-min cut theorem. The Ford-Fulkerson algorithm. The minimum cost flow problem. Algorithm based on modified costs.**
4. **Non-linear programming. Problems without and with constraints, quadratic programming, convex programming, separable programming, fractional programming. Complementarity. Gradient methods. The Karush-Kuhn-Tucker conditions. The modified simplex method for quadratic programming.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A unidade curricular tem como objectivo essencial dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais num contexto de optimização em problemas de engenharia, permitindo a identificação de tipos de problemas, a construção de modelos matemáticos adequados, a aprendizagem de algoritmos que produzam soluções óptimas para esses modelos. Neste contexto, os conteúdos programáticos incluem modelos e métodos nas áreas de optimização linear, optimização em redes, e optimização não linear, englobando assim uma vasta gama de problemas de optimização relevantes num contexto de engenharia. Assim, os estudantes são expostos aos principais problemas, modelos e algoritmos nestes domínios, ficando habilitados a desenvolver abordagens cientificamente validadas para gerar soluções implementáveis na prática*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The curricular unit is aimed at providing the students with methodological and application competences in the area of optimization in the context of engineering problems, enabling the identification of problem types, the development of adequate mathematical models, the learning of algorithms that generate the optimal solutions to those models. In this context, the syllabus includes models and methods in the areas of linear optimization, network optimization, and nonlinear optimization, thus encompassing a vast range of relevant optimization problems in an engineering context. Therefore, students are exposed to the main problems, models and algorithms in those domains, being able to develop scientifically sound approaches to generate solutions implementable in practice*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos e metodológicos surgem motivados por problemas reais, sempre ilustradas com exemplos de aplicação. Recurso a packages (comerciais ou de domínio público) para a obtenção das soluções óptimas para os modelos matemáticos, libertando o estudante para as tarefas mais criativas de formulação dos problemas, construção dos modelos e análise crítica dos resultados*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical and methodological concepts are presented in tutorial lectures, being motivated by real-world problems and illustrated with application examples. Software (commercial and public domain) packages are used to obtain solutions to the mathematical models, thus freeing the students for the more creative tasks of problem formulation, model building and critical analysis of results*

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

*As aulas serão todas de natureza teórico-prática, nas quais os alunos serão expostos aos principais modelos e métodos, sendo os problemas suscitados por aplicações reais. Será dada particular atenção à aplicação dos conceitos teóricos e metodológicos para resolver problemas, i.e. gerar soluções cuja análise crítica revele serem de facto as mais adequadas. Os exemplos ilustrativos serão escolhidos para mostrar a importância de dispor de abordagens cientificamente baseadas para apoio à tomada de decisões em problemas de optimização, semelhantes aos que um engenheiro poderá encontrar na sua prática profissional.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*All lectures will have a theoretical-practical nature, in which the students will be exposed to the main models and methods, the problems arising from a real-world setting. Particular attention will be paid to the application of theoretical and methodological concepts to solve problems, i.e. generating solutions the analysis of which reveal to be indeed the most adequate. Illustrative examples will be selected to display the importance of having scientifically based approaches for decision support in optimization problems, which are similar to the ones that an engineer may encounter in his/her professional practice*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Hillier, F. S., G. J. Lieberman. "Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, 2010 (9th ed.).
- Tavares, L. V., R. C. Oliveira, I. H. Themido, F. N. Correia. "Investigação Operacional", McGraw-Hill Portugal, 1996.
- Bronson, R., G. Naadimuthu. "Investigação Operacional", Coleção Schaum (2ª. Ed.), McGraw-Hill Portugal, 2001.
- Clímaco, J., C. H. Antunes, M. J. Alves. "Programação Linear Multiobjectivo", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003.
- Chang, Y.L. "WinQSB, Decision Support Software for M/OM (ver 2.0)", Wiley, 2003.
- Antunes, C. H., L. V. Tavares (Coord.). "Casos de Aplicação da Investigação Operacional", McGraw-Hill, 2000.
- Oliveira, R., J. S. Ferreira (Coord.), "Investigação operacional em ação: casos de aplicação", Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

**Mapa IV - Fundamentos de Sistemas de Comunicação****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Sistemas de Comunicação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Fundamentals of Communication Systems*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:38h ; PL:18h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Maria do Carmo Raposo de Medeiros; TP:38h ; PL:18h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo central é a aprendizagem de forma unificada dos conceitos fundamentais e modelos matemáticos que suportam a teoria dos sistemas de telecomunicação. O objectivo é criar competências relativas à análise, modelização, simulação, estratégias de dimensionamento e medição de características essenciais de alguns desses sistemas. Serão abordados, nesta perspectiva, sistemas passa-banda com modulação analógica de portadora e sistemas de transmissão digital de banda-base.*

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

*The central objective is a unifying learning process focused on concepts, fundamental principles and mathematical models supporting the theory of communication systems aiming at creating competencies of analysis, modelling, simulation, design strategies and measurement of essential parameters of communication systems. The*

*course will address bandpass systems with analog carrier modulation and baseband digital transmission systems.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução aos sistemas de comunicação analógica e digital.*

- Modulação analógica da amplitude de portadora.*
- Modulação analógica de fase e de frequência de portadora.*
- Princípios de recepção rádio.*
- Processos estocásticos e ruído.*
- Ruído em sistemas de comunicação analógicos.*
- Transmissão digital na banda base.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- Introduction to Analog and Digital Communication Systems.*
- Transmission systems with amplitude modulation of a carrier.*
- Transmission systems with phase and frequency modulation of a carrier.*
- Principles of radio receivers.*
- Random Processes and noise.*
- Noise in analog modulation.*
- Baseband digital transmission.*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O conteúdo programático desta unidade curricular incide no estudo dos princípios fundamentais e modelos matemáticos e a sua aplicação a sistemas de comunicação analógicos e digitais , o que é consistente com os objectivos da disciplina.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The syllabus of this curricular unit is focused on the study and application of the fundamental principles and mathematical models of analog and digital communication systems , which is consistent with the objectives of the course.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teórica-práticas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e modelos matemáticos relevantes e com resolução de alguns exercícios que concretizem e exemplifiquem a aplicação das matérias lecionadas. Aulas laboratoriais implementação de sistemas analógicos e digitais, recorrendo a kits electrónicos, plataformas de software defined radio e matlab/simulink.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical-practical classes involving detailed presentation of concepts, principles and relevant mathematical models and resolution of some problems to help the understanding of the concepts. Laboratory classes with analysis and implementation of analog and digital communication systems based on electronic kits, software defined radio platforms and matlab/simulink.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*disciplina requer a compreensão de conceitos, análise matemática e aplicação prática, daí a necessidade de aulas teóricas com resolução de exemplos/exercícios e trabalhos laboratoriais quer de simulação como com plataformas de hardware.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*This course is based on concepts, mathematical analysis as well as practical application, hence the need for theoretical and problem solving classes as well as laboratory simulation classes and hardware platforms.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Notas das aulas de Fundamentos de Sistemas de Comunicação, Maria Medeiros.  
A.Bruce Carlson, P Crilly., "Communication Systems", Ed. McGraw-Hill ( Eds. 2002, 2010, 2013);  
S. Haykin, M. Moher, "Communication Systems", Ed. John Wiley (2001, 2009);  
J.G. Proakis and M. Salehi, "Fundamentals of Communication Systems", Pearson 2014;  
J.W. Leis, "Communication Systems Principles Using MATLAB", Wiley, 2018.*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Gestão de Energia Eléctrica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electric Energy Management*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:42h; PL:14h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Humberto Manuel Matos Jorge; T:21h; PL:14h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Pedro Manuel Soares Moura; T:21h; PL:14h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Os alunos deverão ficar com capacidade para identificar e avaliar o impacto da implementação de medidas de racionalização de consumos em diversas utilizações finais de energia, sendo também capazes de caracterizar consumos de energia recorrendo a instrumentação e/ou métodos de recolha de dados.*

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

*Students should be able to identify and assess the impact of implementing energy consumption rationalization measures on various end uses of energy, as well as being able to characterize energy consumption using instrumentation and / or data collection methods.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à utilização eficiente de energia elétrica;  
Tipos de cargas eléctricas;  
Auditorias energéticas;  
Tarifários de eletricidade;  
Utilização eficiente de energia em iluminação;  
Utilização eficiente de energia em climatização;  
Utilização eficiente de energia em força motriz;  
Utilização eficiente de energia em outros usos finais;  
Sistemas de gestão e monitorização de energia.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to efficient use of electricity;  
Types of electrical loads;*

*Energy audits;*  
*Electricity tariffs;*  
*Efficient use of energy in lighting;*  
*Efficient use of energy in air conditioning;*  
*Efficient use of energy in electric motors and drives;*  
*Efficient use of energy in other end uses;*  
*Energy management and monitoring systems.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O conteúdo programático aborda a eficiência energética nas principais utilizações finais de energia (iluminação, climatização, força motriz e outras), fornecendo a informação necessária para permitir a identificação de medidas de racionalização de consumos em diversos sectores e atividade.*

*São ainda abordados aspectos relacionados com o tarifário de eletricidade, cargas eléctricas, auditorias energéticas e tecnologias de monitorização de consumos de energia eléctrica, que dão as ferramentas necessárias para a caracterização de consumos de energia.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus addresses energy efficiency in the main end uses of energy (lighting, air conditioning, electric motor and others), providing the necessary information to enable the identification of consumption rationalization measures in various sectors of activity.*

*Aspects related to electricity tariffs, electric loads, energy audits and energy consumption monitoring technologies are addressed, which provide the necessary tools for the characterization of energy consumption.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas com exposição detalhada dos conceitos, dos princípios e teorias fundamentais, recorrendo a meios audiovisuais.*

*Aulas laboratoriais com execução de trabalhos práticos e análise de estudo de casos com posterior interpretação e discussão dos resultados.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical classes with detailed exposition of fundamental concepts, principles and theories, using audiovisual means.*

*Laboratory classes with practical work and case study analysis with further interpretation and discussion of results.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*As metodologias de ensino permitem oferecer tanto a base teórica da eficiência energética como a experiência prática da monitorização de consumos e implementação de medidas de racionalização de consumos.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The strategy and the teaching method adopted seek to involve students in the learning process and their personal appreciation, and thus lead to the development, in addition to specific technical skills, of some generic, instrumental and systemic skills.*

*The teaching methodologies allow to provide both the theoretical basis of energy efficiency and the practical experience of consumption monitoring and implementation of consumption rationalization measures.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Almeida, Aníbal; A. Gomes; C. Patrão; F. Ferreira; L. Marques; P. Fonseca and R. Behnke (2007), "Manual Técnico de Gestão de Energia", ISR - Universidade de Coimbra, ISBN: 9789728822101, December 2007.*

*S. Nadel, N. Elliot, S. Greenberg, M. Sheppard and A. de Almeida, "Energy Efficient Motor Systems", American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, USA, Second Edition, 2002.*

*John Kreider and Yogi Goswami (ed.), Handbook of Conservation and Renewable Energy, CRC Press, ISBN: 9780849317309, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2015.*

*Material de apoio disponibilizado pelos docentes da unidade curricular*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Gestão Inteligente de Energia em Edifícios*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Intelligent Energy Management in Buildings*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:56h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Humberto Manuel Matos Jorge; TP:28h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Após a frequência com aproveitamento da disciplina os alunos ficam com capacidade para:*

*- analisar criticamente as características de construção e de operação de edifícios sob o ponto de vista da utilização de energia;*

*- identificar oportunidades de racionalização de consumos em edifícios e quantificar tanto em termos energéticos como em custos as medidas tomadas.*

*- interpretar textos de carácter normativo, tanto ao nível da UE como legislativos nacionais como de carácter regulatório*

*Ficam consciencializados da importância para a utilização racional de energia (URE) de uma abordagem holística no caso dos edifícios e do papel da legislação como instrumento para impor alterações à ação dos agentes económicos relevantes.*

*Ficam com conhecimento detalhado das imposições regulamentares em vigor ao nível da UE e do país em matéria de utilização eficiente de energia.*

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

*Upon successful completion of the course, the students are capable of*

*- a critical view on the energy performance characteristics of buildings;*

*- identifying energy saving opportunities in both in energy and in economic terms;*

*- interpreting directives and generally legislation and regulations dealing with energy performance of buildings;*

*Students also acquire a detailed knowledge of regulatory documents both at EU and national levels.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Considerações gerais sobre a utilização eficiente de energia em edifícios.*

*O ciclo de vida dos edifícios: etapas, agentes intervenientes, objetivos de política energética, papel da regulação.*

*Introdução ao aproveitamento passivo da energia solar em edifícios.*

*Diretivas da União Europeia com incidência no desenvolvimento energético dos edifícios.*

**Disposições da legislação nacional e instrumentos de intervenção para a eficiência energética de edifícios.  
Sistemas de gestão técnica de edifícios: estruturas, comunicações, funcionalidades e interfaces.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**General context to the efficient use of energy in buildings.**

**Buildings life cycle: phases, agents, energy policy objectives, the role of regulation.**

**Passive solar technologies -an introduction.**

**European Union directives influencing the energy performance of buildings.**

**National legal instruments for the efficient use of energy in buildings.**

**Building management systems: structure, communications, operational features and interfaces**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**O conteúdo programático aborda o uso eficiente nos edifícios (projeto eficiente, sistemas de gestão de energia, sistema de gestão dos consumos intensivos de energia), fornecendo a informação necessária para permitir a conceção eficiente de edifícios e a utilização eficiente energia.**

**São ainda abordados aspetos relacionados com legislação, regulamentação e normas existentes, que proporcionam as competências necessárias para a conceção e utilização eficientes de edifícios.**

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

**The syllabus deals with the efficient use of energy in buildings, providing the information necessary to enable the efficient design of buildings and efficient use energy efficient in buildings.**

**They also deal with aspects related to legislation, regulations and existing standards, which provide the skills necessary for the design and efficient use of energy in buildings**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**Aulas regulares com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, com debate, sobre as matérias planeadas. Cada um dos estudantes conduz um seminário, baseado num trabalho de pesquisa sobre um tema previamente atribuído.**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**Regular classes, following the syllabus, using slides presentations and debate.**

**Seminars driven by students according to previously assigned themes.**

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

**The teaching strategy and methods adopted attempt to involve the students in the learning process and in their personal development, and thus lead to the development, in addition to specific technical skills, some generic competences of instrumental nature, personal and systemic.**

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

**Lal Jayamaha; "Energy-Efficient Building Systems: Green Strategies for Operation and Maintenance"; McGraw-Hill; 2006**

**Albert Thumann, Terry Niehus and William J. Younger, "HANDBOOK OF ENERGY AUDITS"; The Fairmont Press, Inc, CRC Press; 2012**

**Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy; "Guide to Energy Management"; The Fairmont Press, Inc, CRC Press; 2011**

**Steve Doty, Wayne C. Turner; "Energy Management Handbook"; 2012**

**James Sinopoli; "Smart Buildings Systems for Architects, Owners and Builders"; Elsevier; 2009**

**Albert Thumann, D. Paul Mehta, "HANDBOOK OF ENERGY ENGINEERING"; The Fairmont Press, Inc, CRC Press; 2012**

**Steve Doty, Wayne C. Turner; "Energy Management Handbook, Eighth Edition"; 2012**

**Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy; "Guide to Energy Management"; The Fairmont Press, Inc,**

**CRC Press; 2011**

**Diretivas da UE que vão sendo atualizadas**

**Legislação e textos regulamentários que vão sendo atualizados**

#### **Mapa IV - Internet das Coisas**

##### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Internet das Coisas***

##### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Internet of Things (IoT)***

##### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***COMP***

##### **4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

##### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

##### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T:28h; PL:28h***

##### **4.4.1.6. ECTS:**

***6***

##### **4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

##### **4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

##### **4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

***Paulo José Monteiro Peixoto; T:24h; PL:28h***

##### **4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

***Teresa Martinez dos Santos Gomes; T:4h***

***Professor Convidado; PL:28h***

##### **4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***A Internet das Coisas (IoT) introduz um novo paradigma que permite conectar à internet objectos do nosso quotidiano, munidos de capacidade sensorial ou de atuação, possibilitando a recolha de dados em larga escala para extração de informação útil aos seus utilizadores.***

***Esta unidade curricular introduz este conceito aos alunos, convidando-os a desenvolver competências que lhes permitirão desenvolver produtos inovadores na área da IoT. Os conceitos apresentados permitirão ao aluno perceber e acompanhar todo o pipeline de desenvolvimento de um produto IoT, desde o desenvolvimento do hardware até à recolha e processamento da informação. Os tópicos explorados incluem a recolha de informação sensorial em tempo-real, sistemas embebidos, fundamentos de comunicação específicos para IoT e arquiteturas de processamento de dados para recolha da informação e análise de dados.***

***Durante esta unidade curricular os alunos conceberão e implementarão em grupo um protótipo de um dispositivo na área da IoT.***

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

***The Internet of Things (IoT) describes the network and data that emerges from adding physical computing components***

*such as sensors, actuators, and network adapters to everyday objects.*

*This hands-on course introduces this concept to students and invites them to develop skills that will allow them to create connected products. They will be introduced to interactive connected technologies through a series of hands on exercises, collaborative projects, and instructor lectures. The topics explored will include awareness, real-time sensing and communication, embedded intelligence, and designing experiences for the internet of things. By the end of this course, students will be familiar with the core skills, and design process required to build a connected system. Students will apply this learning in collaborative groups to realize a prototype connected device.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Módulo 1: Interação com o mundo físico*

- 1. Introdução à Internet das Coisas (IoT)*
- 2. Fazendo a interface com o mundo físico*
- 3. Arquitecturas de Hardware para a IoT*
- 4. Sistemas Operativos para Dispositivos com Recursos Limitados*

*Módulo 2: Fundamentos de Comunicação para IoT*

*5. Tecnologias de acesso sem fios para IoT: (Wi-Fi/IEEE802.11, Bluetooth, RFID, Zigbee/IEEE802.15.4 ou outras consideradas relevantes)*

- 6. Arquitecturas de Comunicação para a IoT*
- 7. Segurança e Privacidade*

*Módulo 3: Processamento de Dados para a IoT*

- 8. Arquitecturas para Processamento de Dados na IoT*
- 9. Computação na Nuvem e Análise de Dados*
- 10. Aplicações*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Module 1: Interacting with the Physical World*

- 1. Introduction to the Internet of Things (IoT)*
- 2. Interfacing with the Physical World*
- 3. Device Architectures.*
- 4. Operating systems for resource-constrained devices.*

*Module 2: Fundamentals of Communication for IoT*

*5. Wireless technologies for IoT: (Wi-Fi/IEEE802.11, Bluetooth, RFID, Zigbee/IEEE802.15.4 and/or others considered relevant)*

- 6. Communication Architectures for IoT*
- 7. Security and Privacy*

*Module 3: Data Processing for IoT*

- 8. Organization of data processing for IoT.*
- 9. Cloud computing and data analytics*
- 10. Applications*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Sendo objectivo desta unidade curricular dotar os alunos de conhecimento teórico e experimental que lhes permita projectar um produto na área da IoT, toda a estrutura do curso está pensada de forma a cobrir as etapas normalmente consideradas neste tipo de projectos. Assim, a estrutura do curso está dividida em três módulos: o primeiro trata as questões relacionadas com a interface com o mundo físico, envolvendo sensores e sistemas embebidos pensados para permitir a recolha e pré-processamento da informação. No segundo módulo são abordadas as questões relacionadas com a transmissão segura da informação entre dispositivos. Os principais protocolos utilizados na indústria serão focados. Finalmente o terceiro módulo permitirá lidar com as questões relacionadas com o processamento, recolha e análise de dados, utilizando a nuvem como seu destino final. Em paralelo estes conceitos serão explorados na parte experimental, tendo como foco as ferramentas mais utilizadas em cada uma das áreas.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Since the main goal of this course is to capacitate each student with theoretical/experimental knowledge that can be used to design/implement an IoT product, the structure of the course is organized to cover each step of this design. So the course is divided into three main modules: in the first one the questions related to the interface with the physical world will be addressed, involving sensors and embedded system to collect and pre-process information. In the second module, the questions related to the secure transmission of the information between devices will be addressed. The most important protocols used in the industry will be focused. Finally, in the last module the questions related with data collecting, processing and analysis will be addresses, assuming the cloud as the final destination of the data. In parallel, all these concepts will be explored in the lab classes, focusing on the most common tools used in the above mentioned areas.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos e princípios fundamentais*

*relacionados com a IoT. Realização de palestras por empresas que utilizem soluções IoT.*

*Aulas laboratoriais com a realização de trabalho experimental de apoio à realização de um projecto integrado onde os alunos em grupo irão desenvolver todo o pipeline de implementação de um protótipo de um produto baseado num sistema embebido, recorrendo a sensores para aquisição, tratamento e envio dos dados para a cloud. Este projecto permitirá ao aluno consolidar os conhecimentos adquiridos.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical classes with detailed presentation, using audiovisual tools, of the concepts and principles involved in the IoT, illustrated with practical examples of real-world applications.*

*Laboratory classes where the practical aspects of the IoT design will be explored, allowing the student to consolidate the theoretical background involved on this field. The student will be involved (alone or in a group) in the project of a real product prototype. All the steps of the development process of a IoT product will be covered*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Esta é uma área com uma componente teórica e conceptual importante o que determina a necessidade da existência de aulas do tipo magistral onde esse conhecimento é ministrado. Em algumas dessas aulas está previsto convidar especialistas nesta área para apresentar palestras que se enquadrem nos tópicos da unidade curricular.*

*Pretende-se que esta unidade curricular permita aos alunos terem uma visão geral de todas as fases do projecto de um produto IoT, pelo que a componente experimental irá desempenhar um papel relevante nessa tarefa. Pretende-se também que o aluno se familiarize com algumas das ferramentas/tecnologias comumente utilizadas no projecto de um produto IoT. No final do semestre, graças a esta componente experimental, o aluno deverá ter sido capaz de projectar e implementar um protótipo de produto, adquirindo competências em todas as fases envolvidas na sua concepção.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*Since in this course there is an important theoretical/conceptual background, a theoretical class is recommended. In some of the classes, it is planned to have invited lectures made by experts on the field on the topics related with the IoT.*

*One of the goals of this course is to give students an overview about all the stages of a project of a IoT product, so the experimental classes will play an important role on that. The students will have the opportunity to make contact with the most important tools/technologies typically used on the IoT field. By the end of this course the student will be able to design and implement a prototype of an IoT product.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Designing the Internet of Things, Adrian McEwen and Hakim Cassimally, Wiley, 2014, ISBN: 978-1-118-43062-0*

*- The Internet of Things: Key Applications and Protocols, 2nd Edition, Olivier Hersent, David Boswarthick and Omar Elloumi, Wiley, 2012, ISBN: 978-1-119-99435-0*

*- Collaborative Internet of Things (C-IoT): for Future Smart Connected Life and Business, Fawzi Behmann and Kwok Wu, Wiley, 2015, ISBN: 978-1-118-91374-1*

### Mapa IV - Máquinas Elétricas

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Máquinas Elétricas*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Electric Machines*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*ENERG*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h; TP:14h; PL:14h*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Sérgio Manuel Ângelo da Cruz; T:28h; TP:14h; 2x(PL:14h)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se que os alunos adquiram competências nos seguintes âmbitos: (i) transformadores trifásicos, autotransformadores e transformadores de medida; (ii) projeto de enrolamentos de máquinas de corrente alternada; (iii) máquinas síncronas e assíncronas: projeto e aspetos construtivos mais relevantes; características de funcionamento e desempenho em regime permanente.*

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

*It is intended that students acquire skills in the following topics: (i) three-phase power transformers, autotransformer and measurement transformers; (ii) design of windings for ac machines; (iii) synchronous and asynchronous machines: design and main construction aspects; steady-state operation and performance.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Transformadores trifásicos: tipos de núcleo; esquema equivalente, ensaios económicos; saturação magnética; corrente de excitação; índices horários; paralelo de transformadores; enrolamento terciário. Autotransformadores. Transformadores de medida de tensão e corrente. Sistemas de refrigeração de transformadores de potência. Enrolamentos de máquinas ac. Distribuição da força magnetomotriz e tensões induzidas. Máquinas assíncronas: tipos de rotor; modos de funcionamento; características de funcionamento. Classes de serviço e fator de serviço. Classes de isolamento. Máquinas síncronas com excitação controlada e de ímanes permanentes no rotor: esquema equivalente; diagrama fasorial de tensões; características de vazio e de curto-circuito; diagrama PQ; paralelo do alternador com a rede; métodos de arranque de motores síncronos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Three-phase transformers: core types; equivalent circuit, no-load and short-circuit tests; magnetic saturation; excitation current; vector group; parallel operation of transformers; tertiary winding. Autotransformers. Voltage and current transformers. Cooling system of power transformers. Windings of ac machines. Distribution of the magnetomotive force and induced voltages. Asynchronous machines: types of rotor; modes of operation; characteristics in steady-state. Service classes and service factor. Insulation classes. Synchronous machines with field winding and permanent magnets in the rotor: equivalent circuit; voltage phasor diagram; no-load and short-circuit characteristics; PQ diagram; parallel operation with the grid; starting methods of synchronous motors.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Para proporcionar um conhecimento aprofundado sobre as máquinas elétricas estáticas e rotativas de corrente alternada mais usuais, o programa inclui uma primeira parte que aborda o estudo dos transformadores de potência nos seus diversos regimes de funcionamento bem como o estudo dos autotransformadores e transformadores de medida. Relativamente às máquinas rotativas de corrente alternada, são abordadas as mais usuais: as máquinas de indução trifásicas e as máquinas síncronas quer com enrolamento de excitação quer com ímanes permanentes. A segunda parte do conteúdo programático aborda pois os aspetos construtivos deste tipo de máquinas, incluindo o projeto dos seus enrolamentos, bem como os métodos de análise do seu funcionamento usando a teoria clássica. Deste modo, o aluno fica dotado das ferramentas analíticas que lhe permitem avaliar o comportamento de máquinas elétricas estáticas e rotativas de corrente alternada nas mais variadas situações de funcionamento.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*To provide a deep understanding about the static and rotating ac machines commonly used, the syllabus addresses the study of three-phase power transformers, under different operating conditions, as well as the study of autotransformers and measurement transformers. The rotating ac machines object of study are the most common ones: three-phase induction machines and synchronous machines, either with field winding or permanent magnets in the rotor. Hence, the second part of the syllabus addresses in detail all design aspects of such machines, including the design of their windings, as well as the analysis of their operation using the classic theory. In this way, the student is provided with the analytical tools that will allow him to evaluate the behaviour of static and rotating ac machines in a variety of operating conditions.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas, no quadro e com o auxílio de slides em Powerpoint, para exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais sobre a matéria lecionada. Aulas teórico-práticas para resolução de exercícios ilustrativos da aplicação dos conceitos teóricos a situações práticas do mundo da engenharia. Nestas aulas é ainda usado o software Matlab/Simulink para simulação do comportamento dos sistemas estudados. Aulas laboratoriais para validação experimental dos conceitos teóricos e práticos abordados na unidade curricular.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical lectures in the black board and with the aid of Powerpoint slides for the presentation of the concepts, principles and fundamental theories about the topics covered in the curricular unit. Theoretical-practical classes to solve problems and exercises that illustrate the application of the theoretical concepts to real cases in the engineering world. In these classes, some simulations in Matlab/Simulink environment are performed to simulate the behaviour of the systems under study. Laboratory classes to validate the theoretical and practical concepts addressed in the curricular unit.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os métodos de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento das suas competências técnicas específicas e pessoais. Os temas objeto de estudo são apresentados de forma expositiva nas aulas teóricas e aplicados nas aulas teórico-práticas para compreensão do funcionamento das máquinas elétricas objeto de estudo. Os conceitos são posteriormente consolidados com o desenvolvimento e uso de modelos de simulação computacional. São assim criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico e em aplicar na prática os conhecimentos transmitidos. Nas aulas laboratoriais, são realizados diversos trabalhos experimentais, onde se pretende que o aluno valide os conhecimentos teóricos adquiridos, procurando ainda fomentar o espírito crítico na interpretação de eventuais discrepâncias entre resultados previstos teoricamente e os resultados experimentais.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methods adopted are aimed at engaging students in the learning process and in their personal development, and thus lead to the development of technical and personal skills. The topics covered in the unit are presented in theoretical lectures and applied in the theoretical-practical classes for the comprehension of the operation of the electric machines here studied. The concepts are consolidated later on with the development and use of computer simulation models. Hence, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning and application of the theoretical knowledge in practice. In the laboratory classes, experimental work is carried out for the validation of the theoretical concepts learned before, and to foster critical thinking in students by motivating them to analyse eventual discrepancies between results theoretically predicted and experimental data.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*D. Kothari, I. Nagrath: "Electric Machines", Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2010.  
S. Chapman: "Electric Machinery Fundamentals", 5th edition, McGraw-Hill, New York, 2012.  
J. A. Melkebeek, "Electrical Machines and Drives - Fundamentals and Advanced Modelling", Springer, 2018.*

### Mapa IV - Mecatrónica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Mecatrónica*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Mechatronics*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

**RSC**

**4.4.1.3. Duração:**  
**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
**162**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**T:28h; TP:14h; PL:14h**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6**

**4.4.1.7. Observações:**  
**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**  
**<no answer>**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
**Lino José Forte Marques; T:28h; TP:14h; 2xPL:14h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
**Mahmoud Tavakoli**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
***A unidade curricular de Mecatrónica visa dotar o estudante dos conhecimentos fundamentais necessários ao projecto e desenvolvimento de sistemas mecatrónicos, com particular ênfase em sistemas de controlo compostos por vários eixos motrizes actuados por actuadores electromagnéticos. Para atingir este objectivo, o estudante deverá ficar a conhecer o princípio de funcionamento dos principais actuadores electromagnéticos bem como os respectivos circuitos de electrónica de potência necessários para comandar esses actuadores a partir de sistemas embebidos baseados em microcontroladores. Deverá ainda ser capaz de implementar software de com restrições de tempo-real que permita controlar os actuadores de acordo com o objectivo estabelecido.***

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
***The Mechatronics course aims at providing students with the fundamental knowledge necessary for the design and development of mechatronics systems, with particular emphasis on control systems composed of several axes driven by electromagnetic actuators. In order to achieve this objective, the student should be aware of the working principle of the main electromagnetic actuators as well as the respective power electronics circuits required to control these actuators with embedded systems based on microcontrollers. It should also be able to implement software with real-time constraints that allow controlling the actuators according to an established objective.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Sistemas electromecânicos integrados**

**2. Mecanismos de transmissão de movimentos**

**- Equações fundamentais da dinâmica de sistemas mecânicos com massas móveis**

**- Dimensionamento de actuadores**

**3. Electrónica de potência**

**- Características estáticas e dinâmicas dos semicondutores de potência**

**- Interface com circuitos de potência**

**- Circuitos de regulação linear e comutados**

**4. Actuadores electromecânicos e circuitos de comando**

**- Solenóides e actuadores electromagnéticos lineares**

**- Motores DC com escovas; motores DC sem escovas; motores de passo**

**- Motores AC; motores de indução e variadores electrónicos de velocidade**

**- Actuadores piezoeléctricos lineares e rotativos**

**- Ligas com memória de forma; polímeros electroactivos**

**5. Controlo de movimentos**

**- Controlo de velocidade e posição**

- Sincronização de eixos motores
- Sistemas programáveis com múltiplos eixos (robôs, máquinas CNC)

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Integrated electromechanical systems*
2. *Mechanisms for motion transmission*
  - *Fundamental equations of the dynamics of mechanical systems with moving masses*
  - *Sizing of actuators*
3. *Power Electronics*
  - *Static and dynamic characteristics of power semiconductors*
  - *Interface with power circuits*
  - *Linear and switched regulators*
4. *Electromechanical actuators and drivers*
  - *Solenoids and linear electromagnetic actuators*
  - *Brushed and brushless DC motors; stepper motors*
  - *AC motors; induction motors and electronic speed drivers*
  - *Linear and rotary piezoelectric actuators*
  - *Shape memory alloys; electroactive polymers*
5. *Motion control*
  - *Speed and position control*
  - *Synchronization of motion axes*
  - *Programmable systems with multiple axes (robots, CNC machines).*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Os conteúdos teóricos permitem ao aluno compreender a estrutura de um sistema mecatrónico e ficar a conhecer o funcionamento e métodos de comando e controlo de alguns dos seus elementos fundamentais, tais como actuadores, elementos de transmissão de movimento, electrónica de comando e software de controlo. Estes conteúdos são sedimentados pela componente prática da cadeira através da realização de pequenos trabalhos laboratoriais que permitem que o aluno implemente conversores comutados para comando de diferentes tipos de actuadores, controlados a partir de microcontroladores e que desenvolva um pequeno projecto mecatrónico onde tenha de controlar os movimentos de um mecanismo composto por vários sensores e actuadores*

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

*The theoretical contents allow the student to understand the structure of mechatronic systems and to know the working principle and control methods of some of its fundamental elements, such as actuators, motion transmission elements, power electronics and drivers and control software. These contents will be further supported by the practical component of the course through the implementation of laboratory assignments that allow the student to use a microcontroller to control different types of actuators through a power driving circuit*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas do tipo magistral para apresentação teórica dos conteúdos do programa com recurso a meios audiovisuais. Aulas teórico-práticas para demonstração de vários conceitos leccionados nas aulas teóricas e aulas laboratoriais, para implementação e apresentação dos resultados parciais de mini-projectos que envolvam o controlo de sistemas mecatrónicos, implementados por cada grupo de trabalho ao longo do semestre lectivo.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Master classes for theoretical presentation of the program contents using audiovisual media. Theoretical-practical classes to demonstrate various concepts taught in lectures and laboratory classes, for implementation and presentation of the partial results of mechatronic projects, implemented by each working group throughout the semester.*

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A metodologia de ensino adoptada procura envolver o aluno no processo de aprendizagem através da realização de trabalhos práticos, cujos fundamentos são ensinados nas aulas teóricas e demonstrados nas aulas práticas. A execução destes trabalhos é realizada em grupo, de forma autónoma, no laboratório de apoio didáctico. Para implementar estes trabalhos, o aluno terá de utilizar as competências técnicas adquiridas na cadeira e desenvolver competências de auto-aprendizagem, trabalho em grupo e gestão de projecto.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methodology adopted seeks to involve students in the learning process through the realization of small mechatronics projects whose progress is monitored and evaluated at various stages throughout of the semester. To implement these projects, the students will need to use the technical skills acquired during the classes and develop*

*self-learning, group work and project management skills necessary for the proper execution of the work.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Principal:*

- Sabri Cetinkunt, "Mechatronics with Experiments", 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2015.

*Complementar:*

- Hakan Gürocak, "Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller, Tuning, Applications" John Wiley & Sons, 2016

- R. Isermann, "Mechatronic Systems: Fundamentals", Springer, 2005.

- Klaus Janschek, "Mechatronic Systems Design: Methods, Models, Concepts", Springer, 2012.

**Mapa IV - Mercados e Qualidade de Energia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Mercados e Qualidade de Energia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Markets and Electric Energy Quality*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:56h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Humberto Manuel Matos Jorge; TP:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:28h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Os alunos deverão ficar a saber as formas de comercialização de energia e serviços nos SEE, bem como serem capazes de caracterizar o caso português. Deverão também compreender os diferentes aspetos da qualidade de serviço em sistemas de energia elétrica e os indicadores de desempenho. Conhecer e saber aplicar os normativos relativos à qualidade de serviço de energia. Entender as causas e consequências dos problemas de falha de qualidade de energia e apontar soluções. Ser capaz de analisar situações concretas em termos regulatórios e técnicos.*

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

*Students should learn about the ways of commercializing energy and services in the power systems, as well as being able to characterize the Portuguese case. They should also understand the different aspects of service quality in*

**electricity systems and performance indicators. Know how to apply the rules regarding the quality of energy service. Understand the causes and consequences of power quality failures and point out solutions. Be able to analyze concrete situations in regulatory and technical terms.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**O programa da disciplina inclui os tópicos seguintes:**

- **Introdução aos mercados de electricidade: pool, contratos bilaterais e sistemas mistos;**
- **Evolução internacional e Directivas Europeias;**
- **Serviços de rede: métodos de alocação de custos;**
- **O MIBEL e o caso português;**
- **Aspectos gerais de Qualidade de Serviço: Continuidade de Serviço e Qualidade da Onda;**
- **Continuidade de Serviço: Indicadores de desempenho e índices de fiabilidade;**
- **Qualidade da Onda: Cavas de tensão, Sobretensões, Distorção harmónica, flutuação e termulação de tensão;**
- **Regulação da Qualidade de Serviço em Portugal.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**The syllabus includes the following topics:**

- **Introduction to electricity markets: pool, bilateral contracts and mixed systems;**
- **International developments and European Directives;**
- **Network system services: cost allocation methods;**
- **MIBEL and the Portuguese case;**
- **General aspects of power quality: Continuity of Service and energy quality;**
- **Continuity of Service: Performance indicators and reliability indexes;**
- **Energy quality: voltage sags, overvoltages, harmonic distortion, flicker and voltage fluctuation;**
- **Regulation of power quality in Portugal.**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**Os novos modelos organizacionais colocaram novas questões aos sistemas eléctricos de energia, devido sobretudo à tradicional estrutura vertical das operadoras a actuarem no sector. Pretende-se fornecer aos alunos uma perspectiva alargada deste novo ambiente de funcionamento do setor elétrico. Nesse sentido são abordados os modelos organizacionais, a gestão da procura em ambiente de mercado, a gestão e operação das redes de transporte, os serviços de sistema e sua transacção. Finalmente é apresentado o caso do sistema eléctrico português. O conteúdo programático aborda ainda a qualidade de energia nas principais perspetivas (perturbações, regulamentação e monitorização), fornecendo a informação necessária para permitir a identificação de causas e soluções para minorar os efeitos. O objetivo principal da unidade curricular é que os alunos adquiram os conhecimentos necessários para serem capazes de analisar situações concretas de qualidade de energia.**

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

**The new organizational models posed new questions to electric power systems, mainly due to the traditional vertical structure of the operators operating in the sector. It is intended to provide students with a broad perspective of this new operating environment of the electricity sector. Thus, the organizational models, the demand management in a market environment, the management and operation of the transportation networks, the system services and their transaction are addressed. Finally the case of the Portuguese electric system is presented.**

**The syllabus also addresses power quality from the main perspectives (disturbances, regulation and monitoring), providing the necessary information to identify causes and solutions to mitigate the effects. The main objective of this course is that students acquire the necessary knowledge to be able to analyze concrete situations of power quality.**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**A unidade curricular funciona com aulas do tipo magistral com exposição teóricas das matérias que constam do programa. Sempre que seja conveniente para a clarificação dos conceitos apresentados na exposição teórica serão resolvidos problemas teórico-práticos. Haverá também lugar à discussão quer de estudos de caso quer de trabalhos de monografia desenvolvidos pelos alunos. Poderão ser feitas palestras com convidados especialistas sobre tópicos específicos da unidade curricular.**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**The curricular unit works with master classes with theoretical presentation of the subjects contained in the syllabus. Whenever it is convenient to clarify the concepts presented in the theoretical exposition, theoretical and practical problems will be solved. There will also be discussion of both case studies and student monograph work. Lectures may be given to guest specialists on specific topics of the course.**

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua**

*valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas. As metodologias de ensino cobrem igualmente a base teórica da transformação de mercado e a descoberta autónoma pelos estudantes de mecanismos de interpretação e inferência de barreiras e medidas a partir de realidades concretas documentadas, tratadas nos trabalhos de monografia. As metodologias de ensino permitem também oferecer a base teórica sobre qualidade de energia como a experiência de aprofundar um tema específico relacionado com o conteúdo programáticos e apresentá-lo aos colegas. O método de avaliação permite avaliar as componentes: teórica (exame), capacidade de síntese (relatório de escrito da monografia).*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The strategy and method of teaching adopted seek to involve students in the learning process and their personal valorization, and thus lead to the development, in addition to specific technical skills, of some generic, instrumental, personal and systemic skills. Teaching methodologies also cover the theoretical basis of market transformation and the autonomous discovery by students of mechanisms of interpretation and inference of barriers and measures based on documented concrete realities, dealt with in monograph works. Teaching methodologies also provide the theoretical basis on energy quality as the experience of delving into a specific subject related to the syllabus and presenting it to colleagues. The evaluation method allows to evaluate the components: theoretical (exam), synthesis capacity (monograph writing report).*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *Dugan R.C, M.F. McGranaghan, Surya Santoso, H.W. Beaty (2002) – Electrical Power System Quality, Second Edition MacGraw Hill.*
- *Regulamento de Qualidade de Serviço (RQS), ERSE 2016*
- *Material de apoio disponibilizado pelos docentes da unidade curricular*

**Mapa IV - Processamento Avançado de Vídeo**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processamento Avançado de Vídeo*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Advanced Video Processing*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Luis Alberto da Silva Cruz; T:28h; PL:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Facultar uma formação avançada em processamento de sinais de vídeo e suas aplicações à compressão, difusão, armazenamento, indexagem e busca de vídeo digital.*

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

*Provides the students with information and knowledge about the operation of advanced video processing techniques and their application to compression, diffusion, storage, indexing and retrieval of digital video.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1-Fundamentos de aquisição e processamento digital de sinais multidimensionais,*

*2-Métodos avançados de processamento de sinais de vídeo para codificação, transmissão, indexação e pesquisa, protecção de dados, armazenamento e outras aplicações.*

*3-Estudo de tecnologias e normas actuais e em desenvolvimento relacionadas com o processamento de vídeo e suas aplicações,*

*4- Aplicações*

**4.4.5. Syllabus:**

*1-Fundamentals of capture and processing of multidimensional signals,*

*2- Advanced processing techniques for coding, transmission, storage, indexing, searching and retrieval of digital video,*

*3-Study of technologies and standards (in-force and under study) related to digital video processing and its multiple applications,*

*4-Applications*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Sendo o objectivo principal da unidade curricular o estudo de métodos de processamento de vídeo digital para aplicações em tarefas de codificação, transmissão, indexação, pesquisa e similares é necessário perceber quais as características destes sinais multidimensionais e estudar em detalhe os fundamentos matemáticos dos métodos de processamento digital dos mesmos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Since digital video is a multidimensional signal and thus course proposes to teach advanced digital video processing techniques and their applications the main objectives of this unit can be attained only if the fundamentals of multidimensional signals representation and digital processing are studied in depth*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O ensino dos tópicos que integram o programa desta unidade curricular é feito com base em aulas magistrais com e sem apoio de meios audiovisuais complementadas quando necessário por sessões de resolução de problemas simples escolhidos para melhorar o entendimento de certos tópicos. Adicionalmente existem aulas de natureza mais aplicada (laboratório) em que os alunos executam trabalhos com carácter experimental programando e testando algoritmos de processamento de vídeo.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Teaching will be based on lectures (carried out with and without support of multimedia presenters) complemented with short problem solving sessions to further the understanding of the syllabus major topics. In addition there will be laboratory classes in which the students will have to complete practical assignments dealing mostly with the programming and testing of video processing algorithms.*

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

*Os conhecimentos a adquirir na unidade curricular têm fundamentos de natureza teórica e incluem também informação descritiva de métodos de processamento de sinais de vídeo para codificação, transmissão, indexação e pesquisa, protecção de dados, armazenamento e outras aplicações que requerem aulas do tipo magistral para serem devidamente transmitidos aos alunos. Por outro lado dada a natureza aplicada dos métodos de processamento de sinais de vídeo estudados é fundamental que haja experimentação em ambiente laboratorial para consolidação dos conhecimentos transmitidos nas aulas magistrais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The subjects taught on this unit have a strong theoretical background and include descriptive information about the video processing techniques for coding, transmission, indexing and search and other applications. This kind of*

*knowledge is better transmitted to the students during lecturing sessions. However, since these subjects are of applied nature it is important that the students perform practical experimentation in a laboratory environment to deepen their understanding of the technologies studied in the course.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Murat Tekalp, “*Digital Video Processing*”, Prentice Hall 2015
- Jens-Rainer Ohm, “*Multimedia Communication Technology: Representation, Transmission and Identification of Multimedia Signals*”, Springer 2004
- John Woods, “*Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding*”, Academic Press, 2006
- Jae S. Lim, “*Two-Dimensional Signal and Image Processing*”, Prentice Hall, 1989
- Dan Dudgeon, Russel Mersereau, “*Multidimensional Digital Signal Processing*”, Prentice Hall, 1984

### Mapa IV - Processamento Digital de Sinal

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Processamento Digital de Sinal*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Digital Signal Processing*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*TEL*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28h; PL:28h*

#### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

#### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

#### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Fernando Manuel dos Santos Perdigão; T:28h; 2x(PL:28h)*

#### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*<sem resposta>*

#### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Pretende-se que os alunos adquiram uma forte formação no domínio do processamento determinístico e estatístico de sinais discretos no tempo. As competências conferidas irão permitir a abordagem e o desenvolvimento das modernas aplicações e algoritmos do processamento de sinal nas diversas áreas do conhecimento.*

#### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*It is intended that students acquire a strong training in statistical and deterministic processing of discrete-time signals. The skills obtained will allow developing modern applications and signaling processing algorithms in different areas of knowledge.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. Processamento multirritmo de sinais**

*Decimação, expansão, interpolação de banda limitada. Bancos de filtros.*

**2. Processos estocásticos discretos no tempo**

*Conceito de processo estocástico e de estimação. Estimação da autocorrelação. Processos harmónico e ruído branco.*

*Processos estocásticos regulares: AR, MA e ARMA.*

**3. Estimação espectral de potência**

*Periodograma. Métodos clássicos de suavização. Método da máxima entropia. Métodos estruturais.*

**4. Filtros ótimos**

*Filtragem de Wiener. Equações de Wiener-Hopf. Casos práticos: cancelamento de eco; cancelamento de ruído, predição linear; redução de ruído no tempo e na frequência.*

**4.4.5. Syllabus:****1. Multi-rate signal processing**

*Decimation, expansion, band-limited interpolation. Bank of filters.*

**2. Discrete-time stochastic processes**

*Definitions. Estimation of autocorrelation. Harmonic and white noise processes. Regular stochastic processes: AR, MA and ARMA.*

**3. Power spectrum estimation**

*Periodogram. Classical smoothing methods. Maximum Entropy method. Structural Methods.*

**4. Optimal filtering**

*Wiener filtering. Wiener-Hopf equations. Practical cases: echo canceling; noise canceling; linear prediction, noise reduction in time and in frequency.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos da disciplina abarcam os tópicos clássicos de processamento de sinal em tempo discreto que são transversais às diversas áreas do saber em engenharia eletrotécnica e de computadores. Esta disciplina pressupõe que os alunos tenham adquirido os conhecimentos básicos de processamento de sinal em tempo discreto na disciplina Processamento de Sinal. Nesta disciplina os alunos aprendem tópicos mais avançados de processamento de sinal em tempo discreto com ênfase no processamento estocástico de sinais.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The contents of the course cover the classical topics of the discrete-time signal processing that are transversal to several areas of knowledge in electrical and computer engineering. This course assumes that students have acquired the basic knowledge of discrete-time signal processing in the Signal Processing course. In this course the students are exposed to advanced topics of discrete-time signal processing with emphasis in the stochastic signal processing.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas expositórias com apresentação dos conceitos e com a resolução de exemplos práticos de aplicação e demonstrações de funcionamento.*

*Aulas laboratoriais com execução de trabalhos computacionais de simulação relacionados com os tópicos abordados.*

*Avaliação:*

*A avaliação contínua compreende a realização de testes teórico-práticos (60%) e a realização de trabalhos laboratoriais (40%).*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Expository lessons with a detailed presentation of the concepts and solving of practical examples of application with demonstrations.*

*Laboratorial classes where the student will perform computational simulations of the presented topics.*

*Evaluation:*

*The continuous evaluation consists of theoretical-practical tests (60%) and laboratorial assignments and practical laboratory work (40%).*

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

*Os temas abordados requerem explanação de conceitos e aplicação prática, daí a necessidade de aulas expositórias e laboratoriais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The topics of this course require explanation of concepts as well as practical application, hence the need for expository and laboratory classes.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*S. Mitra, Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach, McGraw-Hill, 3rd. ed., 2005.*

*Monson H. Hayes, Statistical Digital Signal Processing and Modeling, John Wiley, 1996.*

*Oppenheim and Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd edition, Pearson, 2010.*

**Mapa IV - Produção de Energia Elétrica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Produção de Energia Elétrica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electric Power Generation*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h TP:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Pedro Manuel Soares Moura; T:28h TP:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Conhecer as diferentes tecnologias de produção de energia elétrica, incluindo as tecnologias de produção a partir de fontes renováveis, tanto para a larga escala como para a geração distribuída.*

*Compreender a estrutura, planeamento e gestão do sistema electroprodutor, assim como os aspetos relacionados com a integração de energias renováveis na produção de eletricidade.*

*Ser capaz de avaliar centrais de produção de energia elétrica do ponto de vista técnico e económico.*

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

*Know the different technologies for the electricity generation, including technologies for generation from renewable sources, for both large scale and distributed generation.*

*Understand the structure, planning and management of the power system, as well as aspects related to the integration of renewable energy in electricity generation.*

*Be able to evaluate power stations from a technical and economic point of view.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Sistema Electroprodutor; Geração Termoelétrica; Energia Nuclear; Geração Distribuída e Cogeração; Hidroeletricidade;*

**Energia Eólica; Energia Solar Fotovoltaica; Energia Solar Térmica; Energia da Biomassa; Energia dos Oceanos; Energia Geotérmica; Integração de Renováveis no Sistema Electroprodutor; Avaliação Técnica e Económica de Centrais**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Electric Power Generation System; Thermoelectric Power Generation; Nuclear Energy; Distributed Generation and Combined Heat and Power; Hydropower; Wind Power; Solar Photovoltaic Energy; Solar Thermal Energy; Biomass Energy; Ocean Energy; Geothermal Power; Integration of Renewable Generation; Technical and Economic Evaluation of Power Plant**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**O programa começa por abordar o sistema electroprodutor, nomeadamente a sua estrutura, planeamento e gestão. Posteriormente, são analisadas as tecnologias convencionais de produção de energia elétrica, nomeadamente as centrais termoelétricas e nucleares e as novas tecnologias de geração distribuída. Uma parte significativa do programa é dedicado às energias renováveis, começando por abordar a convencional hidroeletricidade, a que se segue as tecnologias que atualmente têm uma maior relevância, a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. São também analisadas outras tecnologias de energias renováveis nomeadamente a energia solar térmica, biomassa, oceanos e geotérmica. São finalmente abordados os impactos da integração em larga escala de renováveis. Simultaneamente, é analisada a avaliação técnica e económica de centrais**

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

**The syllabus starts by addressing the electric power generation system, including its structure, planning and management. Then, the conventional technologies of electric power generation, including thermoelectric and nuclear power plants are analyzed, as well as new technologies for distributed generation. Most of the syllabus is dedicated to renewable energy, starting by addressing the conventional hydropower, followed by the new technologies of renewable energy that currently have greater relevance, particularly wind and solar photovoltaic power. Other renewable energy technologies are also addressed, particularly solar thermal, biomass, ocean and geothermal power. Finally, the aspects of large-scale integration of renewables are addressed. Simultaneously, the technical and economic assessment of power plants is addressed**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**A unidade curricular funciona com aulas teóricas e teórico-práticas.**

**As aulas teóricas são do tipo magistral com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais que constam no programa.**

**Nas aulas teórico-práticas pretende-se que os alunos, com a orientação do docente, resolvam exercícios práticos. Nestas aulas será também dado apoio à elaboração de um trabalho de grupo, que consistirá na elaboração de uma monografia sobre um tema previamente atribuído, e que será apresentado pelos alunos nas aulas.**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**The course unit works with theoretical and theoretical-practical classes.**

**Theoretical classes are master classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories of the subject**

**Theoretical-practical classes are intended to solve practical exercises by the students, supervised by the professor. In these classes, it will also be given support to the preparation of a group work, which will consist in preparing a monograph on a previously assigned topic, and which will be presented by students in class.**

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**

**Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas, os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas e a elaboração dos trabalhos de grupo estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.**

**As metodologias de ensino permitem oferecer tanto a base teórica da produção de energia elétrica como a aplicação dos conceitos e criam as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma.**

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

**The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the students in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.**

**With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes, the exercises with practical**

**applications given in the theoretical-practical classes and the development of the group work, there are conditions for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.**

**The teaching methodologies offer both the theory for the generation of electrical energy as the application of concepts, creating the conditions to builds up in the students' competencies in autonomous learning.**

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

**Boyle, G. (2018) – Renewable Energy: Power for a Sustainable Future, 4th edition, Oxford Press University.**

**Goswami, D., Kreith F. (2015) – Energy Efficiency and Renewable Energy Handbook, 2nd edition, CRC Press**

**IEA (2015) – Technology Roadmaps, International Energy Agency.**

**Materiais de apoio disponibilizado pelos docentes.**

### Mapa IV - Projeto de Sistemas Digitais

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Projeto de Sistemas Digitais**

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

**Digital Systems Design**

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

**COMP**

#### 4.4.1.3. Duração:

**Semestral**

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

**162**

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

**T:28; PL:28h**

#### 4.4.1.6. ECTS:

**6**

#### 4.4.1.7. Observações:

**<sem resposta>**

#### 4.4.1.7. Observations:

**<no answer>**

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

**Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo; T:14h; PL:14h**

#### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

**Jorge Manuel Miranda Dias; T:14h; PL:14h**

#### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

**Adquirir conhecimentos para realizar adequadamente as diferentes fases de um projecto de sistemas digitais, incluindo o treino em ferramentas computacionais para síntese de circuitos digitais de complexidade média e alta. Aprendizagem e treino de modelos formais para projecto de sistemas digitais. No final do curso os alunos ficarão habilitados no projecto de circuitos digitais para aplicações diversificadas, recorrendo a métodos formais e linguagens de descrição de hardware, como VHDL, e sua implementação em dispositivos de lógica programável.**

**Os objectivos e trabalho desenvolvido levam à aquisição de competências em análise e síntese, comunicação escrita, resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, e aplicação prática de conhecimentos teóricos.**

#### 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

**The main objective is to provide key concepts and skills for the correct execution of all the stages of a digital design project, including training on the use of software tools for the synthesis of medium and high complexity digital circuits. Learning formal models and methodologies for digital systems design. At the end students will be able to design digital systems for diverse applications, using formal methods and hardware description languages, such as VHDL, and implement them on reconfigurable logic systems.**

**The course objectives and planned work lead the students to acquire competencies in synthesis and analysis, written communication, problem solving, critical reasoning, autonomous learning, and practical application of theoretical knowledge.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- **Revisão de Sistemas Digitais**
- **Tecnologia de implementação física para sistemas digitais**
- **Conceitos Fundamentais de Projecto de Sistemas**
- **Metodologias e Gestão de Projectos de Sistemas Digitais**
- **Linguagem VHDL para descrição, projecto e síntese de hardware**
- **Projecto avançado a nível de transferência de registos (RTL)**
- **Modelos para Representação de Arquitecturas**
- **Modelação de Sistemas de Eventos Discretos**

#### 4.4.5. Syllabus:

- **Revision of Digital Systems**
- **Physical implementation technologies for digital systems**
- **Key concepts of Systems Design and projects**
- **Digital Design project methodologies and management**
- **VHDL language for description, design and synthesis of hardware**
- **Advanced Register Transfer Level (RTL) design**
- **Representation models for architectures**
- **Modelling discrete events systems**

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

**Esta cadeira mais avançada tem por base uma unidade curricular do primeiro ano, que explica os blocos base do mundo digital, desde circuitos combinacionais a sistemas digitais dedicados simples e um exemplo muito básico de um processador programável. Alguns conceitos base são revisitados, e abordados em mais profundidade, e novos tópicos sobre linguagens de descrição de hardware e metodologias, especificação e gestão de projectos são introduzidos. A linguagem VHDL para a descrição e síntese de circuitos digitais é dada de forma mais detalhada. O projecto a nível de transferência de registos (RTL) é aplicado a problemas mais complexos e elaborados, permitindo uma maior diversidade a quando da realização dos projectos finais. Todos os tópicos abordados no programa têm implicação nas competências que os alunos têm que desenvolver para uma boa execução do projecto laboratorial final**

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

**This advanced course on digital design builds upon a previous first year curricular unit that addressed the basic building blocks of the digital world, from combinational circuits to simple dedicated digital systems and a very basic programmable processor. Some key concepts are revisited, now going in more depth, and new topics on hardware description languages, project methodologies, specification and management are introduced. A more thorough coverage of VHDL for hardware description and synthesis is provided. The Register Transfer Level (RTL) design is applied to more complex and elaborate problems, allowing for a bigger diversity of the final projects. All the skills addressed in the syllabus play a key role when the students work on their final project laboratorial assignments.**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**Aulas teórico-práticas essencialmente com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução pontual de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.**

**Aulas laboratoriais, onde se realizam trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, os primeiros com um enunciado mais do tipo tutorial, mas depois incentivando um trabalho mais autónomo, e o trabalho final é já um mini-project completo.**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**Lecture classes with detailed presentation, using audiovisual resources, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.**

**Laboratory classes, with lab assignments of growing complexity, initially with a tutorial set of instructions, but later fostering a more autonomous work, and the last assignment is already a full mini-project.**

- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas e os exercícios de aplicação prática, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. A fase final do projecto leva os alunos a uma maior sensibilidade para as questões de gestão e organização, bem como os problemas práticos de lidar com tecnologia.**

**A sequencia da matéria leva à elaboração de trabalhos laboratoriais de complexidade crescente, sendo também maior a autonomia dos grupos de trabalho, para conseguir uma boa curva de aprendizagem das capacidades necessárias para a elaboração do projecto final.**

**Quase todos os trabalhos recorrem à placa FPGA Aletra DE2, e nos mais avançados e no projecto final sensores e dispositivos adicionais são utilizados, como câmaras vídeo, sensores inerciais, visor LCD-touch, etc.**

- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The final project assignment creates in the students a better insight for management and organizational issues, as well as practical problems of dealing with technology.**

**The lab assignments have a growing complexity, as well as requiring more autonomy from the works groups, so that a suitable learning curve leads the students to have the required skills for the final project assignment.**

**Almost all of the above assignments use the Altera DE2 FPGA board, and for the advanced assignments and projects additional sensors and devices are used, such as cameras, inertial sensors, LCD-touch panel, etc.**

- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**Bibliografia principal / key bibliography**

- **Jorge Lobo, (2018) Slides das aulas de Projecto de Sistemas Digitais.**
- **Fabrizio Tappero, Bryan Mealy, (2013), Free Range VHDL.**
- **Frank Vahid, Roman Lysecky, (2007) VHDL for Digital Design, John Wiley and Sons.**
- **Frank Vahid, (2007) Digital Design, John Wiley and Sons. (second edition in 2011)**
- **Vahid/Givargis (2002), Embedded Systems Design: A Unified Hardware/Software Introduction**

#### **Mapa IV - Projetos de Instalações Elétricas**

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Projetos de Instalações Elétricas**

- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Electrical Installations**

- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

**ENERG**

- 4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

- 4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**162**

- 4.4.1.5. Horas de contacto:**

**T:28h; TP:28h**

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Humberto Manuel Matos Jorge; T:28h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Professor Convidado; TP:28***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Ser capaz de aplicar as regras e regulamentos utilizadas em projeto de instalações elétricas. Dimensionar e projetar sistemas e instalações elétricas.**Ficar com competências para adotar uma abordagem sistemática aos problemas com base em conhecimento técnico-científico geral e aplicado às instalações elétricas***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Be able to apply the rules and regulations used in the design of electrical installations. Dimension and design electrical systems and installations.**Be able to take a systematic approach to problems based on general technical and scientific knowledge applied to electrical installations.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Estudo da regulamentação e normas aplicáveis ao projeto de instalações elétricas;**Sistemas de ligação à terra;**Proteções contra sobrecargas e descargas atmosféricas;**Componentes de um projeto elétrico;**Noções de Higiene e Segurança no Trabalho.***4.4.5. Syllabus:***Regulations and standards applicable to the design of electrical installations;**Earthing systems;**Overcurrent protections;**Lightning protections;**Components of an electrical project;**Notions of Health and safety at work.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Pretende-se nesta unidade curricular que os alunos adquiram os conhecimentos necessários para aplicar as regras e regulamentos de projeto de instalações elétricas, bem como conhecimento técnico-científico geral e aplicado para ter uma abordagem sistemática aos problemas.**Assim, como primeiro grande tópico pretende-se aplicação da regulamentação e normas em vigor. Os restantes tópicos são relacionados com a abordagem ao projeto usando exemplos concretos***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***This course unit is intended for students to acquire the necessary knowledge to apply the rules and regulations of electrical installations design, as well as general and applied technical-scientific knowledge to have a systematic approach to problems.**Thus, as the first major topic is intended application of the regulations and standards in force. The remaining topics relate to the project approach using concrete examples***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***A unidade curricular funciona com aulas do tipo magistral com exposição teóricas das matérias que constam do programa e aulas teórico-práticas de acompanhamento à realização de trabalho em grupo.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The curricular unit works with master classes with theoretical exposition of the subjects contained in the program and theoretical-practical classes to accompany the accomplishment of group work.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios práticos, constituídos por componentes de projeto elétrico, resolvidos pelos alunos nas aulas práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas de projeto, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The strategy and the teaching method adopted seek to involve students in the learning process and their personal appreciation, and thus lead to the development, in addition to specific technical skills, of some generic, instrumental, personal and systemic skills.*

*With the knowledge and understanding of the subjects taught in lectures and practical exercises, consisting of electrical design components, solved by students in practical classes, the conditions are created for the development of skills in solving design problems, in critical thinking, in apply the theoretical knowledge in practice.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa tensão (RTIEBT), DL 226/2005, de 28 de Dezembro e Portaria 949-A/2006 de 11 de Novembro, Imprensa Nacional Casa da Moeda, 2006.*

*Josué Lima Morais, José M. Gomes Pereira (2006) "Guia Técnico das Instalações Elétricas", Edição Certiel, ISBN-10:972-95180-3-3.*

*Material de apoio disponibilizado pelos docentes.*

**Mapa IV - Proteções e Fiabilidade em Sistemas de Energia Elétrica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Proteções e Fiabilidade em Sistemas de Energia Elétrica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Protections and Reliability in Electrical Power Systems*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP:56h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

**Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:56h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**<sem resposta>**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**No final da unidade curricular os alunos deverão ser capazes de, nomeadamente: compreender a função e funcionamento dos sistemas de protecção necessários ao bom funcionamento dos sistemas de energia, compreender os aspectos ligados à fiabilidade dos sistemas de energia nas vertentes de produção, transporte e distribuição; conhecer os indicadores de fiabilidade; adquirir competências em análise e síntese, comunicação, resolução de problemas, análise crítica e aprendizagem autónoma.**

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

**At the end of semester students should be able namely: to understand the objectives and operation of the protection systems as well as identify the different components of modern protection systems necessary to a stable and reliable functioning of power systems; to understand reliability issues in generation transmission and distribution systems; to acquire competencies in synthesis and analysis, communication, problems solving, critical analysis and reasoning, autonomous learning.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Fiabilidade em Sistemas Electroprodutores  
Fiabilidade do sistema composto  
Fiabilidade em Redes de Distribuição  
Índices de fiabilidade relacionados com a continuidade de serviço  
Subestações  
Sistemas de protecção**

**4.4.5. Syllabus:**

**Reliability in generation systems  
Reliability in composite generation and transmission systems  
Distribution systems reliability.  
Continuity of service indices  
Substations  
Protections**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**Pretende-se os alunos adquiram os conhecimentos necessários para analisar e avaliar a fiabilidade dos sistemas de energia eléctrica bem os requisitos a que devem obedecer os modernos sistemas de protecção existentes nos SEE. Assim, com o primeiro grande tópico a ser leccionado pretende-se fornecer os fundamentos necessários para compreender os aspectos ligados à fiabilidade dos sistemas de energia nas vertentes de produção, transporte e distribuição; conhecer os indicadores de fiabilidade; segue-se o estudo da constituição das subestações. É depois abordada a questão das protecções nos SEE.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The main goal is to provide the students the concepts, principles and theories required to understand, explain and analyze the issues related with reliability of power systems and with the protection systems necessary for a stable and reliable functioning of power systems. Thus, the first topic focuses on reliability issues in generation, transmission and distribution systems. Follows the characterization and analysis of protections systems.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**A unidade curricular funciona com aulas do tipo magistral com exposição e debate das matérias que constam do programa. Sempre que seja conveniente para a clarificação dos conceitos apresentados na exposição teórica serão resolvidos problemas teórico-práticos. Os alunos serão chamados a analisar estudo de casos recorrendo a ferramentas de simulação adequadas, quer a fazer trabalhos de monografia. Poderá também haver lugar à apresentação de palestras por parte de especialistas sobre tópicos específicos da unidade curricular.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**The unit works with master classes with theoretical exposure and debate of the subjects listed in the syllabus.**

*Whenever appropriate to clarify the theoretical concepts presented in the theoretical exhibition practical problems will be solved. The results of simulation based or field works carried out by students can be presented and discussed in the classes. Whenever possible experts will be invited to give talks about specific topics of the course.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*  
*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas, a análise simulada de casos e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. O recurso a ferramentas de simulação será uma mais-valia essencial no método de ensino ao promover a capacidade de análise e de raciocínio crítico. Este método cria as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The use of simulation tools allow to more accurately reproduce and understand the physical phenomena that occur in power systems and will play a key role in the teaching method contributing for improving the analysis capability and critical reasoning of students. This method builds up in the students competencies in autonomous learning.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Protective Relaying: Principles and Applications, 4th Edition; J.L. Blackburn, T.J. Domin; CRC Press*

*Billinton, Roy, Power system reliability calculations, Cambridge, Mass.: The MIT Press.*

*Gonen, Turan – Electric Power distribution system engineering, ISBN 0-07-023707-7*

*Weedy, B. M., B. J. Cory, Electric Power Systems, 4ª Edition, John Wiley & Sons, 1998*

*Delgado, Manuel, "Portecção das redes eléctricas de distribuição, transporte e interligação", ISBN 978-972-8953-86-7.*

#### **Mapa IV - Redes de Transporte e Acesso de Próxima Geração**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Redes de Transporte e Acesso de Próxima Geração*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Next Generation Transport and Access Networks*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*Ensino dos temas teóricos do conteúdo programático da unidade curricular de forma integrada com a resolução de problemas ilustrativos e com apoio, em sala de aula, a trabalhos de desenvolvimento propostos.*

**4.4.1.7. Observations:**

*Teaching the theoretical themes of the programmatic content of the curricular unit in an integrated way with the resolution of illustrative problems and with support, in the classroom, to proposed development work.*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins, T:28h; PL:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Fornecer os conhecimentos que permitam aos futuros engenheiros utilizar/gerir as diferentes tecnologias de rede de transporte e acesso que estão ou que se espera que venham a estar a funcionar em redes de telecomunicações. O estudo de novas tecnologias emergentes para redes de transporte e acesso deverá ainda facilitar a integração em equipas de investigação e desenvolvimento nesta área, em particular nas existentes no nosso país.*

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

*To provide the knowledge that enables future engineers to use/manage the different transport and access networks technologies which are, or might be, in service in telecommunication networks. The study of the emerging technologies for transport and access networks should also aid the integration in research and development teams in this area, particularly in the ones that exist in our country.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Arquitetura de rede de transporte*

*- OTN*

*- MPLS*

*- Carrier Ethernet*

*Tecnologias de acesso de banda larga*

**4.4.5. Syllabus:**

*Architecture of transport networks*

*- OTN*

*- MPLS*

*- Carrier Ethernet*

*Wideband access technologies*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*No primeiro tópico apresenta-se a arquitetura de redes de transporte integrando-as em redes DWDM e apresenta-se a hierarquia de multiplexagem de sinais digitais em funcionamento atualmente, identificando-se as principais questões que se levantam na constituição destes sinais. Apresentam-se ainda outras tecnologias existentes e/ou emergentes para transporte de tráfego de pacotes sobre redes DWDM.*

*No segundo tópico estudam-se as principais tecnologias de acesso existentes e emergentes através de cabo, fibra ótica ou sem fios.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*In the first topic, the architecture of transport networks is integrated in DWDM networks and the basic characteristics of the multiplexing digital hierarchy that presently exists in most telecommunication networks are presented identifying the key issues that arise in the composition of these signals. Other existing and/or emerging technologies used to carry packet traffic over DWDM are also presented.*

*In the second topic the characteristics of the existing and emerging broadband access networks technologies over cable, optical fiber or wireless are also studied.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Nas aulas teóricas apresentam-se as principais características das tecnologias mencionados, recorrendo a meios audiovisuais, procurando envolver os alunos na discussão dos assuntos expostos.*

*Nas aulas laboratoriais analisam-se os aspectos práticos associados à transmissão de sinais sobre as diferentes*

**tecnologias estudadas.****4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*In the theoretical classes the topics proposed are presented in detail, using audiovisual resources and trying to involve the students through the discussion of the exposed subjects.*

*In the laboratory classes the practical aspects associated with the transmission of signals over the different studied technologies are analyzed.*

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

*Nas aulas teóricas são transmitidos os conceitos essenciais relacionados com sistemas de transmissão que existem atualmente em redes de telecomunicações bem como os relacionados com sistemas de transmissão emergentes. Para além disso, havendo no nosso país alguma investigação e desenvolvimento neste tipo de sistemas, procurar-se-á ainda mostrar essa realidade através de palestras e/ou visitas de estudo.*

*Nas aulas laboratoriais pretende-se a objectivação prática de conceitos teóricos leccionados na unidade curricular em função dos meios disponíveis.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*In the theoretical classes are taught the essential concepts related with transmission systems that currently exist in present telecommunication networks as well as the ones related with new emerging transmission technologies. In addition, as there is some research and development in our country related with this type of systems, some efforts shall also be done to show this reality to the students through lectures and/or study visits.*

*The purpose of the laboratory classes is the practical objectification of theoretical concepts taught in the course, depending on the available resources.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Huub van Helvoort, Next Generation Optical Transport SDH/SONET/OTN, Wiley/IEEE Press, 2009.*

*Kasim, A., Delivering Carrier Ethernet - Extending Ethernet Beyond the LAN, McGraw-Hill, 2007.*

*Ina Minei, Julian Lucek, MPLS-Enabled Applications: Emerging Developments and New Technologies, 3rd Edition, Wiley, 2011.*

*Leonid G. Kazovsky, Ning Cheng, David Gutierrez, Shing-Wa Wong, Broadband Optical Access Networks, 1st Edition, Wiley, 2011.*

*Stamatios V. Kartalopoulos, Next Generation Intelligent Optical Networks - From Access to Backbone, Springer, 2008.*

*Marcus K. Weldon, The Future X Network - A Bell Labs Perspective, CRC Press Taylor & Francis Group, 2016*

*Artigos sugeridos pelo professor/documents and papers suggested by the professor*

**Mapa IV - Redes Eléctricas Inteligentes****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Redes Eléctricas Inteligentes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Smart Grids*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP: 56h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:28h*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Pedro Manuel Soares Moura; TP:28h*

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

*Após a frequência com aproveitamento da disciplina os alunos:*

- interiorizam as características fundamentais e as potencialidades das redes inteligentes para a gestão eficiente de recursos e para o desenvolvimento sustentável;*
- conhecem os requisitos fundamentais da integração de fontes renováveis nas redes, com um espectro alargado de potências de injeção;*
- compreendem os requisitos de sensorização, medição e comunicação que estão na base da concretização das redes inteligentes;*
- compreendem a flexibilidade que as redes inteligentes proporcionam à gestão das infraestruturas tendo em vista assegurar a condição de equilíbrio de potência;*
- conhecem as técnicas computacionais e as metodologias de análise e apoio à decisão relevantes;*
- ficam com capacidade para equacionar, analisar e conceber abordagens aos problemas da privacidade e da cibersegurança em redes inteligentes.*

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

*Upon successful completion of the course, the students*

- know the fundamental characteristics and the potential of smart grids for an efficient use and management of resources and for sustainable development;*
- know the fundamental requirements to renewable source integration in the networks, through a large spectrum of capacity installed;*
- understand the requirements of sensorization, measurement and communication which underlie the implementation of smart grids;*
- understand the flexibility provided by smart grids on the management of power networks towards the verification of the power balance condition;*
- know the computational techniques and the relevant methodologies for system analysis and decision support;*
- are able to identify cybersecurity problems and privacy issues, and to design adequate approaches to such problems and issues.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução ao conceito de Smart Grid*

*Integração de produção de energia com base em fontes renováveis*

*Armazenamento e resposta dinâmica da procura (demand response)*

*Wide Area Measurement (WAM)*

*Segurança e privacidade*

4.4.5. Syllabus:

*Introduction to the concept of Smart Grid*

*Integration of renewable energy sources in the power system*

*Energy storage and Demand response*

*Wide Area Measurement (WAM)*

*Privacy and security issues*

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

*As matérias versadas na unidade curricular abordam os temas mais relevantes que se colocam na atualidade sobre a gestão das redes e relacionado com o conceito das redes inteligentes, designadamente a integração de fontes renováveis, a utilização de medição inteligente de consumos, a sensorização das redes, a gestão flexível da procura e das injeções de potência (produção renovável sistemas de armazenamento), a otimização da gestão de recursos, em regime corrente e em resposta a emergências, as questões da privacidade e da cibersegurança, que são a base das competências que os alunos deverão adquirir.*

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

**The course syllabus contains the most relevant and contemporary themes related to smart grids, which form the basis of the competences that the students are supposed to gain by attending the course. Among these are integration of renewable sources, intelligent metering of consumption of several commodities, sensorization of networks, demand response and flexible management of demand, energy storage and renewable supply, optimal resource management, privacy of data and cybersecurity.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Aulas regulares com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, com debate, sobre as matérias planeadas. Cada estudante conduz um seminário, baseado num trabalho de pesquisa sobre um tema previamente atribuído.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**Regular classes, following the syllabus, using slides presentations and debate. Seminars driven by students according to previously assigned themes.**

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

**A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

**The teaching strategy and methods adopted attempt to involve the students in the learning process and in their personal development, and thus lead to the development, in addition to specific technical skills, some generic competences of instrumental nature, personal and systemic.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**Material de apoio disponibilizado pelos docentes**

**Mapa IV - Redes Resilientes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Redes Resilientes**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Resilient Networks**

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

**TEL**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**162**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**TP:56h**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6**

**4.4.1.7. Observações:**

**Ensino dos temas teóricos do conteúdo programático da unidade curricular de forma integrada com a resolução de problemas ilustrativos, e com apoio, em sala de aula, a trabalhos de desenvolvimento propostos.**

**4.4.1.7. Observations:**

**Teaching the theoretical themes of the programmatic content of the curricular unit in an integrated way with the**

*resolution of illustrative problems, and with support, in the classroom, to proposed development work.*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Teresa Martinez dos Santos Gomes; TP:32h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins; TP:12h*

*Rita Cristina Girão Coelho da Silva; TP:12h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Com esta UC, pretende-se que os alunos alarguem e aprofundem os seus conhecimentos sobre mecanismos para aumentar a resiliência em redes de comunicações. Deverão adquirir conhecimentos sobre mecanismos de encaminhamento resiliente em redes MPLS (Multiprotocol Label Switching), redes sem fios e redes veiculares. A abordagem e exploração de tópicos emergentes desenvolverão a capacidade de análise crítica dos estudantes. A apresentação e discussão de trabalhos contribuirão para o desenvolvimento de competências inter-pessoais e de comunicação dos alunos*

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

*With this curricular unit, the students are expected to broaden and deepen their knowledge of mechanisms to increase resilience in communication networks. They will acquire knowledge about resilient routing mechanisms in MPLS (Multiprotocol Label Switching) networks, wireless networks and vehicular networks. Exploring emerging topics will develop the critical analytical skills of the students. The oral presentation and subsequent discussion of the developed works will contribute to the development of inter-personal and communication skills of the students.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à resiliência em redes*
- 2. Recuperação de falhas em redes MPLS*
- 3. Resiliência em redes sem fios*
- 4. Resiliência em redes veiculares*
- 5. Questões de resiliência em tecnologias emergentes*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to resilience in networks*
- 2. Recovery in MPLS networks*
- 3. Resilience in wireless networks*
- 4. Resilience in vehicular networks*
- 5. Resilience issues in emerging technologies*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Pretende-se que os alunos fiquem com uma visão global e integradora dos mecanismos que permitem aumentar a resiliência das redes de comunicação. Serão estudados métodos de encaminhamento resiliente em diferentes tipos de redes de telecomunicações. Cada um dos tópicos abordados será antecedido de uma breve descrição das características essenciais de cada tipo de rede. Após a transmissão de conceitos básicos no contexto de redes resilientes, são introduzidos em capítulos sucessivos os tópicos que permitem atingir os objetivos da unidade curricular: recuperação de falhas em redes MPLS, resiliência do encaminhamento em redes sem fios, e tolerância do encaminhamento a disrupções em redes veiculares. No tópico final, poderão ser explorados mecanismos de encaminhamento resiliente em tecnologias emergentes de redes, como redes definidas por software (SDN) ou virtualização de funções em redes (NFV).*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*It is intended that students gain a global and integrated vision of mechanisms which allow to enhance network resilience in communication networks. Resilient routing methods in different types of telecommunication networks, will be studied. Each one of the topics will be preceded by a short description of the main features of each type of network. After addressing some basic concepts in the context of resilient routing in networks, successive chapters will introduce topics that are coherent with the unit's objectives: recovery in MPLS networks, resilient routing in wireless networks, and routing tolerance for disruptions in vehicular networks. Finally resilient routing mechanisms in emerging network technologies such as Software Defined Networks (SDN), or network functions virtualization (NFV), may be explored.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais, complementadas com a resolução convencional*

**de exercícios práticos para consolidação dos conhecimentos adquiridos. Breve descrição das características essenciais de cada tipo de rede abordada na unidade curricular. Execução de trabalhos computacionais relacionados com os tópicos abordados. Execução de trabalhos de síntese, com aprofundamento de um tema específico que resultará numa apresentação oral, seguida de discussão (na qual a participação dos alunos será objeto de apreciação).**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***Detailed explanation of concepts, principles and theories complemented with the conventional resolution of practical exercises to consolidate the acquired knowledge. Brief description of key features of each type of network addressed in the curricular unit. Computational works on the different topics of the syllabus will be performed by the students. An in-depth study of a specific topic will be done by the students, whom will then make an oral presentation of their work, subject to an open discussion (where the participation of the students will be valued).***

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

***As metodologias de ensino adotadas nesta disciplina têm por objetivo essencial dotar os alunos com conhecimentos sobre mecanismos para aumentar a resiliência das redes de comunicação, suportadas por diferentes tecnologias. Os trabalhos computacionais permitem uma mais fácil aquisição e consolidação dos conceitos teóricos. A execução dum trabalho de síntese com apresentação oral, seguida de discussão, contribui para a aprendizagem autónoma de temas mais avançados neste contexto, bem como para o desenvolvimento de competências inter-pessoais e de comunicação dos alunos.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The teaching methodologies adopted in this discipline aim to equip students with the knowledge about mechanisms used to enhance communication networks resilience, in networks supported by different technologies. The computational works will allow for an easier acquisition and consolidation of theoretical concepts. The synthesis work with presentation, followed by discussion, contributes to the autonomous learning of more advanced subjects in this area of expertise, as well as to the development of inter-personal and communication skills of the students.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- ***J. Rak, Resilient Routing in Communication Networks, Springer, 2015***
- ***C. Sommer and F. Dressler, Vehicular Networking, Cambridge University Press, 2015***
- ***Ina Minei, Julian Lucek, MPLS-Enabled Applications: Emerging Developments and New Technologies, 3rd Edition, Wiley, 2011.***
- ***N. F. Mir, Computer and Communication Networks, 2nd edition, Prentice-Hall, 2014.***

**Mapa IV - Regime Estacionário em Sistemas de Energia Elétrica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Regime Estacionário em Sistemas de Energia Elétrica***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Stationary State in Electrical Power Systems***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***ENERG***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***TP:56h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:28h*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Humberto Manuel Matos Jorge; TP:28h*

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

*Após aproveitamento, os alunos deverão perceber a importância dos estudos de trânsitos de potência e dominar o suporte matemático necessário, bem como serem capazes de efetuar a análise e compreensão dos resultados extraídos das simulações de estudo de casos. Deverão também adquirir o conhecimento sobre a caracterização e exploração das redes de distribuição, bem como serem capazes de efectuar estudos de fluxo de potência e de controlo de tensão em redes radiais. Deverão também dominar o suporte matemático para análise de curto-circuitos simétricos e assimétricos e ser capazes de analisar situações de ocorrência de curto-circuitos em SEE.*

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

*Upon the successful completion of the course, students should be aware of the importance of power flow studies and acquire the necessary mathematical background to carry out analysis and understanding the results of case study simulations. They should also acquire knowledge about the characterization and exploitation of distribution networks, as well as being able to perform studies on power flow and voltage control in radial networks. They should also acquire the mathematical support and be able to analyse short-circuit in power systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Modelos dos componentes dos sistemas de energia elétrica para o regime estacionário.*

*Fluxo de potência em redes de transporte: formulação matemática e algoritmos.*

*Redes de distribuição: caracterização e exploração. Fluxo de carga em redes radiais e controlo de tensão.*

*Curto-circuitos simétricos e assimétricos em sistemas de energia elétrica.*

4.4.5. Syllabus:

*Models of power system components for stationary studies.*

*Power flow: mathematical models and algorithms.*

*Distribution networks, characterization and operation. Power flow in radial networks. Voltage control.*

*Symmetrical and unsymmetrical faults in power systems.*

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

*Pretende-se que os alunos adquiram os conhecimentos necessários para analisar o funcionamento dos sistemas de energia elétrica em regime permanente. Assim, com o primeiro grande tópico a ser lecionado estão os modelos dos principais componentes dos sistemas de energia que serão usados nos estudos de fluxo de potência. A abordagem aos estudos de fluxo de potência é efetuada com o desenvolvimento da formalização matemática de suporte e com análise de estudos de caso diversos. Analisa-se também a questão do controlo de tensão. De seguida aborda-se a temática dos curto-circuitos em SEE com estudos de situações diversas de ocorrência de curto-circuito. Termina-se com a caracterização de funcionamento e análise de fluxo de potência em redes de distribuição.*

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

*The main goal is to provide the students the concepts, principles and theories required to understand, explain and analyze the steady-state operation of power systems. Thus, the first topic focuses on power flow issues –network components models, mathematical models and tools, methodologies and algorithms, and simulation based case-studies. Voltage control problems in radial networks are also studied. Following topic provides the mathematical background to understand and analyze symmetrical and unsymmetrical faults in power systems.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*A unidade curricular funciona com aulas do tipo magistral com exposição e debate das matérias que constam do programa. Sempre que seja conveniente para a clarificação dos conceitos apresentados na exposição teórica serão resolvidos problemas teórico-práticos. Os alunos serão chamados a analisar estudo de casos, recorrendo a ferramentas de simulação adequadas, podendo haver também lugar à discussão quer dos estudo de casos quer de trabalhos de monografia feitos pelos alunos. Poderá também haver lugar à apresentação de palestras por parte de*

**especialistas sobre tópicos específicos.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*The unit works with master classes with theoretical exposure/debate of the subjects listed in the syllabus. Whenever appropriate to clarify the theoretical concepts present the main goal is to provide the students the concepts, principles and theories required to understand, explain and analyze the steady-state operation of power systems. Thus, the first topic focuses on power flow issues with simulation based in case-studies. Voltage control problems in radial networks are also studied. There may also be lectures by experts on specific topics of the course.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, levando ao desenvolvimento de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas, a análise simulada de casos e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em aplicar raciocínio crítico na aplicação prática dos conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. O recurso a ferramentas de simulação será uma mais-valia essencial no método de ensino ao promover a capacidade de análise e de raciocínio crítico. Este método cria as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, leading to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The use of simulation tools allow to more accurately reproduce and understand the physical phenomena that occur in power systems and will play a key role in the teaching method contributing for improving the analysis capability and critical reasoning of students. This method builds up in the students competencies in autonomous learning.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Weedy, B. M., B. J. Cory, **Electric Power Systems, 4ª Edition, John Wiley & Sons, 1998.***

*José Pedro Sucena Paiva (2011) – **Redes de Energia Elétrica: Uma Análise Sistemática, IST Press, 3ª Edição.***

*Gonen, Turan – **Electric Power distribution system engineering , ISBN 0-07-023707-7***

*Grainger, J., W. Stevenson, JR. (1994) – **Power Systems Analysis, McGraw-Hill.***

**Mapa IV - Regime Transitório em Sistemas de Energia Elétrica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Regime Transitório em Sistemas de Energia Elétrica***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Transients in Electrical Power Systems***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***ENERG***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***TP:56h***

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes; TP:56h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Fornecer aos alunos conceitos, princípios e teorias que permitem explicar, compreender e prever o funcionamento estável e fiável dos sistemas de energia eléctrica. No final da unidade curricular os alunos deverão ser capazes de, nomeadamente: compreender a função e funcionamento dos sistemas de controlo de potência e de controlo da tensão necessários ao bom funcionamento dos sistemas de energia, compreender os fundamentos dos fenómenos transitórios e o comportamento dinâmico dos geradores nos sistemas de energia eléctrica; conhecer e aplicar métodos de análise e de resolução de problemas associados aos fenómenos transitórios; obter os conhecimentos adequados para a compreensão dos fenómenos associados ao desenvolvimento de sobretensões nos sistemas de energia eléctricos, e à propagação das sobretensões em linhas, adquirir competências em análise e síntese, comunicação, resolução de problemas, análise crítica e aprendizagem autónoma.*

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

*To provide the students the concepts, principles and theories required to understand, explain and predict the stable and reliable functioning of power systems in a stable and reliable way. At the end of semester students should be able namely: to understand power-frequency control issues and voltage control systems existing in power systems, to understand the transients and dynamics of power generators; to acquire competencies in synthesis and analysis, communication, problems solving, critical analysis and reasoning, autonomous learning.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Controlo de frequência e tensão  
Estabilidade transitória  
Estabilidade de tensão  
Sobretensões em sistemas de energia eléctrica*

**4.4.5. Syllabus:**

*Power frequency control and voltage control  
Transient stability  
Voltage stability  
Overvoltages in power systems*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Pretende-se que nesta unidade curricular os alunos adquiram os conhecimentos necessários para analisar e prever o funcionamento estável e fiável dos sistemas de energia eléctrica. Assim, com o primeiro grande tópico a ser leccionado pretende-se fornecer os fundamentos com controlo de frequência e controlo de tensão nos SEE, segue-se o estudo dos fenómenos transitórios e do comportamento dinâmico dos geradores nos sistemas de energia eléctrica e dos fenómenos de instabilidade de tensão. É depois abordada a questão das sobretensões nos SEE.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The main goal is to provide the students the concepts, principles and theories required to understand, explain, analyze and predict the stable and reliable functioning of power systems. Thus, the first topic focuses on frequency and voltage control in power systems. The second topic focuses on transient stability issues and voltage instability problems while the following topics focus on overvoltage issues.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*A unidade curricular funciona com aulas do tipo magistral com exposição e debate das matérias que constam do*

*programa. Sempre que seja conveniente para a clarificação dos conceitos apresentados na exposição teórica serão resolvidos problemas teórico-práticos. Os alunos serão chamados a analisar estudo casos, recorrendo a ferramentas de simulação adequadas, havendo lugar à discussão quer dos estudos de caso quer de trabalhos de monografia desenvolvidos pelos alunos. Poderá também haver lugar à apresentação de palestras por parte de especialistas sobre tópicos específicos.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*The curricular unit works with master classes with theoretical exposition and debate of the subjects listed in the syllabus. Whenever it is convenient to clarify the concepts presented in the theoretical exposition, practical problems will be solved. Students will be asked to analyse case studies, using appropriate simulation tools, taking place to discuss both case studies and monograph work developed by students. Experts may also be invited to give talks about specific topics of the course.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas, a análise simulada de casos e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese. O recurso a ferramentas de simulação será uma mais-valia essencial no método de ensino ao promover a capacidade de análise e de raciocínio crítico. Este método cria as condições para que os alunos adquiram competências em aprendizagem autónoma.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of the matters taught and the exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis. The use of simulation tools allow to more accurately reproduce and understand the physical phenomena that occur in power systems and will play a key role in the teaching method contributing for improving the analysis capability and critical reasoning of students. This method builds up in the students competencies in autonomous learning.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Weedy, B. M., B. J. Cory, Electric Power Systems, 4ª Edition, John Wiley & Sons, 1998.*

*José Pedro Sucena Paiva (2011) – Redes de Energia Elétrica: Uma Análise Sistemática, IST Press, 3ª Edição.*

*Cutsem, T. and Costas Vournas. Voltage stability of electric power systems, Kluwer Academic Publishers, 1998, ISBN 0792381394*

*Grainger, J., W. Stevenson, JR. (1994) – Power Systems Analysis, McGraw-Hill.*

### Mapa IV - Robótica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Robótica*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Robotics*

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*RSC*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista; T:28h; 2x(PL:28h)*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O curso introduz a ciência e engenharia da manipulação mecânica, uma sub-disciplina da Robótica que tem a sua génese em vários campos clássicos da ciência.*

**Objectivos:**

*Fornecer aos alunos os conceitos fundamentais da Robótica de manipulação, nomeadamente na*

- 1. Obtenção de modelos geométricos, cinemáticos e dinâmicos de robôs manipuladores.*
- 2. Geração de trajectórias e planeamento de tarefas.*

**Competências a desenvolver:**

*Pretende-se que os alunos adquiram competências em análise e síntese, formulação e resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e capacidade de aplicação de conceitos de cariz teórico a problemas práticos.*

*Pretende-se fornecer conhecimento (in-depth) em Robótica para aquisição de competências a todos*

- 1. "aqueles que pretendam operar e/ou desenvolver aplicações que usem robôs ou sistemas robóticos";*
- 2. "aqueles que pretendam desenvolver/projectar sistemas robóticos"*

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

*This course introduces the science and engineering of mechanical manipulation, a sub-discipline of Robotics that has its foundation in several classical fields.*

**Objectives:**

*Provide students with the fundamental concepts of robotics, particularly in*

- 1. Obtaining geometric, kinematic and dynamic models of robot manipulators.*
- 2. Trajectory generation and task planning.*

**Skills to develop:**

*It is intended that students acquire skills in analysis and synthesis, formulation and problem solving, critical thinking, independent learning and ability to apply theoretical concepts of nature to practical problems.*

*Ultimately, we intend to provide (in-depth) knowledge in Robotics and acquiring competencies to all of*

- 1. "Those who wish to operate and / or develop applications that use robots or robotic systems";*
- 2. "Those who wish to develop / design robotic systems"*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à robótica.*
- 2. Descrições Espaciais e Transformações*
- 3. Cinemática de manipuladores;*
- 4. Cinemática Inversa de manipuladores;*
- 5. Jacobiano : velocidades e forças estáticas;*
- 6. Dinâmica de Manipuladores*
- 7. Planeamento de Trajectórias: espaço das juntas e espaço tarefa*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction*

2. *Spacial descriptions and Transformations*
3. *Manipulator Kinematics*
4. *Inverse Manipulator Kinematics*
5. *Jacobians : velocities and static Forces*
6. *Manipulator Dynamics*
7. *Trajectory Generation : Joint space and cartesian space*

- 4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O conteúdo programático da Unidade Curricular pretende apresentar de forma simples e intuitiva os conceitos fundamentais da manipulação Mecânica. São apresentados os conceitos matemáticos fundamentais ao estudo de espaços tridimensionais e transformações de coordenadas, estudando-se em detalhe a cinemática de manipuladores Mecânicos, i.e., o estudo do movimento sem levar em conta as forças que o originam. É também estudada a cinemática diferencial e forças estáticas dedicando uma atenção especial aos Jacobianos e singularidades, sendo finalmente estudada a influência de forças e momentos necessários ao movimento do manipulador, i.e., a dinâmica do manipulador. Conclui-se o curso com a análise do planeamento de movimentos do manipulador em termos de trajectórias no espaço das juntas e no espaço tarefa.*
- 4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus of the course aims to present a simple and intuitive learning of the fundamental concepts of mechanical manipulation, devoting particular attention robot kinematics, i.e., the study of motion without regard to the forces that causes it. We expand our study of kinematics to velocities and static forces devoting a particular attention to Jacobians and singularities. The influence of forces and moments required to cause the motion of a manipulator is also addressed, i.e., the problem of manipulator dynamics, and we conclude the course by studying the aspects of trajectory generation, i.e., describing motions of the manipulator in terms of trajectories through space. We will analyze this problem for the joint-space and working-space scheme;*
- 4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Aulas magistrais, com recurso a instrumentos audiovisuais, onde é feita uma exposição detalhada dos conceitos, princípios e metodologias fundamentais à Robótica de manipulação, complementada com aulas laboratoriais onde os alunos exercitam os conceitos leccionados na componente teórica através da realização de trabalhos de simulação em ambiente Matlab e usando robôs manipuladores didáticos. São fornecidos diversos problemas exemplo para resolução (homeworks), que reflectem o cariz dos vários testes avaliativos realizados ao longo do curso.*
- 4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Theoretical classes, using audio-visual means, where a detailed exposition of the concepts, principles and methodologies fundamental to Robotic Manipulation is presented, complemented by Laboratory classes where students exercise the concepts taught in the theoretical component by performing simulation studies in Matlab and using scholar manipulator robot. In parallel a set of homework problems is handed to students that intended to reflect the nature of the various mid-term tests of the course.*
- 4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A estratégia e método de ensino adoptado procuram envolver o aluno num processo contínuo de aprendizagem, permitindo-lhe exercitar as matérias leccionadas nas aulas teóricas quer através da realização de pequenos trabalhos laboratoriais quer através da resolução autónoma de problemas tipo. Com esta abordagem, os alunos sentem-se directamente envolvidos no processo de aprendizagem e de valorização pessoal, permitindo-lhe desenvolver competências técnico-científicas específicas da UC e simultaneamente competências genéricas, de natureza mais instrumental, pessoal e sistémicas.  
O conhecimento transmitido nas aulas magistrais é gradualmente transposto para as aulas laboratoriais através de vários labworks&homeworks, nos quais o aluno é induzido a aplicar e validar os conceitos adquiridos, permitindo o desenvolvimento de competências de análise de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma.*
- 4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The strategy and method of teaching adopted seek to engage the student in a continuous process of learning, allowing them to practice the theoretical concepts taught on master classes either by implementing small labwork or through the solving of typical robotics problems. With this approach, students feel directly involved in the process of learning and personal enhancement, allowing them to develop specific technical and scientific skills in robotics and also lead to the development of generic competences of personal and systemic nature.  
The knowledge imparted in the master classes is gradually implemented in the laboratory classes through various labworks&homeworks, in which the student is asked to apply and validate the concepts acquired, allowing the development of skills of problem analysis, critical thinking and independent learning.*
- 4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**
- *John J. Craig (2005), Introduction to Robotics : Mechanics and Control, Third Edition, Prentice Hall, 2005.*

- *M. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar (2005), Robotics Modeling and Control, John Wiley&Sons, 2005. (Livros Recomendados para estudo durante grande parte do curso)*

**Bibliografia Alternativa:**

- *B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo (2009), Robotics: Modelling, Planning and Control, Springer, 2009.*
- *P. McKerrow (1993), Introduction to Robotics, Addison-Wesley, 1993.*

*Batista, J. (2012-2019) – Diapositivos das aulas teóricas de Robótica, DEEC-FCTUC.*

**Mapa IV - Robótica Cognitiva**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Robótica Cognitiva*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Cognitive Robotics*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28; PL:28*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Lino José Forte Marques;T:14h; PL:14h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*Rui Paulo Pinto da Rocha;T:14h; PL:14h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Os robôs cognitivos são sistemas robóticos autónomos capazes de realizar comportamentos inteligentes. Estes sistemas têm de processar a informação sensorial de modo a perceberem o ambiente em que operam e construir representações desse ambiente e uma base de conhecimento que lhes permita raciocinar, planejar ações, tomar decisões, e eventualmente aprenderem com o resultado dessas ações, de modo a alcançarem objetivos que lhes permitam completar as missões para que foram concebidos. Estas capacidades de perceção e raciocínio são alcançadas através da utilização de técnicas de inteligência artificial. O principal objetivo desta unidade curricular é dotar o estudante dos conhecimentos fundamentais para projetar, implementar e testar algoritmos que permitam aplicar sistemas baseados em robôs cognitivos em aplicações reais.*

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

*Cognitive robots are autonomous robotic systems endowed with intelligent behaviors. These systems have to process sensory information in order to perceive the environment in which they operate and build representations of that*

*environment and a knowledge base that allows them to reason, plan actions, make decisions, and eventually learn from the outcome of those actions in order to achieve goals that enable them to complete the missions for which they were designed. These perception and reasoning skills are achieved through the use of artificial intelligence techniques. The main objective of this course is to provide the student with the fundamental knowledge to design, implement and test algorithms to deploy systems based on cognitive robots in real world applications.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Introdução à robótica cognitiva

*Ciclo de percepção-raciocínio-acção*

*ROS, simuladores de robôs móveis*

##### 2. Sensação e percepção

*Extracção de informação a partir de dados sensoriais: percepção semântica*

*Estimação probabilística e seguimento de características estáticas e dinâmicas*

##### 3. Representação do ambiente, localização e SLAM

*Mapas probabilísticos: grelhas e grafos, mapeamento topológico e semântico*

*Localização baseada em métodos Monte Carlo*

*Algoritmos SLAM para grelhas e grafos*

##### 4. Planeamento, raciocínio e tomada de decisão sob incerteza

*Planeamento de movimentos com amostragem*

*Planeamento e exploração baseada na teoria da informação*

*Raciocínio usando lógica formal*

*Processos de Markov parcialmente observáveis*

##### 5. Robôs cooperativos

*Principais características e desafios*

*Robótica de enxame*

*Cooperação explícita*

*Percepção cooperativa*

##### 6. Estudos de casos de aplicação

*Robôs de serviço: robôs de patrulhamento, robôs sociais assistenciais*

*Robôs de campo: busca e salvamento, remoção de minas*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Introduction to cognitive robotics

*Perceive-reason-act cycle*

*Robot Operating System (ROS), mobile robot simulators*

##### 2. Sensing and perception

*Abstracting raw sensor data: feature extraction for semantic perception*

*Probabilistic estimation and tracking of static and dynamic features*

##### 3. Environment representation, localization and SLAM

*Probabilistic maps: grid, topological and semantic mapping*

*Monte Carlo-based localization*

*Grid and graph-based SLAM algorithms*

##### 4. Planning, reasoning, and decision making under uncertainty

*Sampling-based motion planning*

*Information-theoretic path planning and exploration*

*Introduction to reasoning using formal logic*

*Partially Observable Markov Decision Processes*

##### 5. Cooperative robots

*Main features and challenges*

*Swarm robotics*

*Explicit cooperation*

*Cooperative perception*

##### 6. Application case studies

*Service robots: patrolling robots, assistive social robots*

*Field robots: search & rescue, demining*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O programa inclui os fundamentos necessários para entender, implementar e testar as principais vertentes associadas à robótica cognitiva. Para minimizar o esforço necessário para implementar e testar esses conceitos, serão utilizados as ferramentas e pacotes de software disponíveis no ROS (Robot Operating System). Dessa forma, o aluno pode-se*

*concentrar na compreensão dos conceitos necessários para a implementação de sistemas cognitivos de média complexidade, compostos por um ou vários agentes. Será privilegiada uma abordagem prática, baseada em casos, onde os alunos terão à sua disposição simuladores baseados em ROS e plataformas robóticas para implementação, teste e validação dos tópicos de estudo.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The program includes the fundamentals necessary to understand, implement and test the main strands associated with cognitive robotics. To minimize the effort required to implement and test these concepts, tools and software packages available in the Robot Operating System (ROS) will be used. Thus, the student can focus on understanding the concepts necessary for the implementation of medium complexity cognitive systems, composed of one or several agents. A practical approach based on case studies will be privileged where students will have at their disposal ROS-based simulators and robotic platforms for implementation, testing and validation of the topics studied.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas do tipo magistral para apresentação teórica dos conteúdos do programa com recurso a meios audiovisuais. Aulas laboratoriais, para implementação e apresentação dos resultados de pequenos projectos sobre algoritmos para robôs cognitivos, implementados em ambiente de simulação baseado em ROS ou em robôs reais.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Lecture classes with detailed presentation of the topics of the syllabus using audiovisual means. Laboratory classes in which students execute small projects on cognitive robotics algorithms, either in a ROS-based simulator or in real mobile robots.*

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

*A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos no processo de aprendizagem através da realização de trabalhos práticos que ilustrem os conceitos lecionados durante as aulas teóricas. Para realizarem os trabalhos práticos, os alunos terão de aplicar as competências técnicas adquiridas na unidade curricular e desenvolverem competências de auto-aprendizagem, trabalho em grupo e gestão de projeto.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodology adopted seeks to involve students in the learning process by conducting practical works that illustrate the concepts taught during the theoretical lectures. In order to accomplish the practical works, students will have to apply the technical skills acquired in the course and develop self-learning, group work and project management skills.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Alonzo Kelly. "Mobile robotics: mathematics, models, and methods", Cambridge University Press, 2014. ISBN: 978-1107031159*

*Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox, "Probabilistic Robotics", The MIT Press, 2005. ISBN: 978-0-262-20162-9*

*Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George A. Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, Sebastian Thrun, "Principles of Robot Motion Theory, Algorithms, and Implementations", The MIT Press, 2005. ISBN 978-0-262-03327-5*

*Steven M. LaValle. "Planning Algorithms", Cambridge University Press, 2006. ISBN: 978-0-521-86205-9*

*Stuart J. Russell, and Peter Norvig. "Artificial intelligence: a modern approach", Fourth edition, Pearson, 2020. ISBN: 978-0134610993*

**Mapa IV - Robótica Médica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Robótica Médica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Medical Robotics*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28h; PL:28h****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Rui Pedro Duarte Cortesão; T:28h; PL:28h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Projecto de arquiteturas de controlo para robótica minimamente invasiva. Projecto de arquiteturas de controlo para tele-medicina robótica. Avaliação de robôs médicos.****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****Design of control architectures for robotic-assisted minimally invasive surgery. Design of control architectures for robotic-assisted tele-medicine. Evaluation of medical robots.****4.4.5. Conteúdos programáticos:****Capítulo 1: Introdução à Robótica Médica. Tecnologias assistidas. Robótica de reabilitação. Robótica cirúrgica. Robótica não cirúrgica. Perspectiva histórica.****Capítulo 2: Projecto de Manipuladores Cirúrgicos. Níveis de segurança. Manipuladores com configuração em série e paralelo. Directivas Europeias. Cirurgia micro-invasiva. Juntas passivas e activas. Centro de rotação remoto. Sistemas mecatrónicos Master-Slave. Sistema Da Vinci.****Capítulo 3: Controlo de Movimento e Controlo de Força. Controlo de Movimento: Controlo no espaço das juntas e controlo no espaço operacional. Controlo de Força: Controlo indirecto de força (controlo complacente, controlo de impedância) e controlo directo de força (controlo híbrido posição/força, controlo com malha exterior de força).****Observador de Kalman Activo. Projecto de controladores para cirurgia micro-invasiva.****Capítulo 4: Telemanipulação Haptica. Análise de Telepresença, Estabilidade e Robustez. Estimação de parâmetros de contacto.****4.4.5. Syllabus:****Chapter 1 : Introduction to medical robotics. Assistive technologies, rehabilitation robotics, surgical robotics and robotics for diagnosis. Historical perspective.****Chapter 2: Design of Surgical Manipulators. Security issues. Manipulators with serial and parallel configurations. European directives. Minimally invasive surgery. Passive and active joints. Remote rotation center. Master-slave mechatronic systems. Da Vinci system.****Chapter 3: Motion control and force control in medical robotics. Motion Control: Joint space control and task space control. Force Control: Indirect force control (compliant control, impedance control) and direct force control (hybrid position/force control, external force control). 3) Kalman Active Observers. Design of null space / task space controllers for minimally invasive surgery.****Chapter 4: Haptic Telemanipulation. Haptic control architectures. Telepresence, stability and robustness analysis. Contact parameter estimation.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O objectivo central desta cadeira é ganhar competências para projectar arquitecturas de controlo para robótica médica. Para tal, é necessário ter uma visão panorâmica da área de robótica médica nas suas múltiplas vertentes (Capítulo 1), bem como um background em tecnologias robóticas quer a nível de software quer ao nível do hardware (Capítulo 2). O projecto do controlo passa necessariamente pela análise de arquitecturas de controlo de posição e força tendo em conta modelos dinâmicos de braços robóticos (Capítulo 3). A extensão para o caso da tele-medicina é feita no último capítulo, através da análise de arquitecturas de telemanipulação háptica.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The key goal of this course is to get competencies to design control architectures for medical robotics. Therefore, a panoramic view of the medical robotics area is necessary (Chapter 1), as well as background knowledge of robotic technologies both at hardware and software levels (Chapter 2). Control design requires knowledge of position and force control architectures that take into account robot dynamics (Chapter 3). The extension to tele-medicine is done in the last chapter, through the analysis of haptic telemanipulation architectures.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.  
Aulas laboratoriais consistem na realização de um mini-projecto abordando o controlo robótico para aplicações médicas.  
A avaliação consiste num exame final (40%) e num relatório com demonstração experimental dos resultados do mini-projecto (60%).*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Theoretical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving basic practical exercises to illustrate the practical interest of discussed topics.  
Laboratory classes are for implementing a mini-project addressing robot control for medical applications.  
Evaluation consists of a final exam covering all course materials (40%) and a report with experimental demonstration of the mini-project (60%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.  
Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, em desenvolver novas aplicações médicas assistidas por robôs.  
Nas aulas laboratoriais, com a realização de um mini-projecto, pretende-se que os alunos projectem a arquitectura de controlo para uma aplicação médica específica. A interpretação de resultados e a escrita de relatórios criam condições para que os alunos adquiram competências em comunicação escrita.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching strategy and adopted methods aim at engaging the student in the learning process and in his/her personal development, leading to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature. With the knowledge and comprehension of taught materials in theoretical classes and the proposed exercises with practical applications, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, in developing new robotic-assisted medical applications.  
In the laboratory classes, by implementing a mini-project, the students should be able to design a control architecture for a specific medical application. The treatment and interpretation of the results and the writing up of test reports build up in the students competencies in autonomous learning and written communication.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani L., Oriolo, G.(2010), *Robotics: Modeling, planning and Control*, Springer.
- Khalil, W, Dombre E. (2002), *Modeling, Identification and Control of Robots*, HPS.
- Sciavicco and Siciliano (2000), *Modeling and Control of Robot Manipulators*, Springer.
- Cortesão, R. (2015) – *Medical Robotics Course*, DEEC-FCTUC.

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Segurança em Redes de Comunicações***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Security in Communication Networks***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**  
***TEL***

**4.4.1.3. Duração:**  
***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
***T:28h; PL:28h***

**4.4.1.6. ECTS:**  
***6***

**4.4.1.7. Observações:**  
***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**  
***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
***Jorge Miguel Sá Silva, T:14; PL:14***

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
***Luís Alberto da Silva Cruz, T:14; PL:14***

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
***A unidade curricular de Segurança em Redes de Comunicações pretende dotar os estudantes de um largo espectro de conhecimentos nas áreas da segurança de serviços e das comunicações, de forma a responder a necessidades actuais e futuras, e a projetar soluções técnicas de elevado potencial. O programa da disciplina começa por fazer uma revisão às soluções existentes nas áreas para a arquitetura da atual Internet. Analisa, em detalhe, as principais tecnologias e protocolos para a gestão da segurança e da privacidade em arquiteturas TCP/IP, avalia as suas limitações e os novos desafios.***  
***O programa desta unidade curricular pretende ensinar aos estudantes os fundamentos gerais da segurança em redes e serviços, na identificação dos diferentes tipos de ataques e das respectivas soluções tecnológicas.***  
***Nas aulas práticas os alunos desenvolvem ainda várias atividades de configuração de equipamentos de telecomunicações.***

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
***This unit aims to offer a broad spectrum of knowledge in the areas of security of communication networks and services, in order to find solutions to present and future challenges, and to propose technical systems of significant potential. The program starts with a revision of the existent solutions in the areas to the Internet architecture. It also analyzes in detail the major technologies and the main solutions for the management of security and privacy in the TCP / IP architectures, evaluates their limitations and challenges.***  
***The program also aims to teach the fundamentals of network security, identifying different types of attacks and solutions.***  
***In practical classes students develop several activities based on configuration of telecommunication equipments.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**  
***1 - Fundamentos de Segurança***  
***2 – Segurança em Sistemas de Informação e Redes***

- 3 – *Vulnerabilidades*
- 4 - *Ataques e detecção*
- 5 - *Soluções e auditoria*
- 6 -*Privacidade*
- 7 - *Novas tecnologias e tendências*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Security fundamentals*
- 2 – *Security in Information Systems and Networks*
- 3 – *Vulnerabilities and exposures*
- 4 - *Attacks and detection*
- 5 - *Solutions and audit*
- 6 - *Privacy*
- 7 - *Future trends*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O conhecimento e o domínio da segurança nas redes de comunicação são requisitos muito importantes face ao desenvolvimento que as tecnologias têm tido.*

*Esta disciplina pretende dotar os alunos de conhecimentos avançados nestas áreas, através de uma abordagem estruturada, partindo das camadas mais elevadas da arquitectura TCP/IP até às camadas físicas.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Data communication and networking may be the fastest growing technologies in our days. Consequently, it is essential an understanding of security and privacy of Internet technologies.*

*This unit provides advanced knowledge on security of telecommunication systems, and it is designed using a top-down approach of the TCP/IP architecture.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Método de ensino: aulas teóricas, teórico-práticas e práticas. Trabalhos práticos e fichas parcialmente elaborados nas aulas práticas para consolidar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas.*

##### *Métodos de avaliação:*

- *Exame:12 valores (mínimos 30%)*
- *Projeto: 4.5 valores*
- *Fichas:3.5 valores*

*O exame tem mínimos de 30%.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Teaching methodologies: Theoretical and Practical lessons. Practical lessons consist of lab activities and exercises to support and test the student's understanding of the material presented in theoretical lessons.*

##### *Evaluation method:*

- *Exam 12/20 (minimum: 30%)*
- *Project 4.5/20*
- *Class assignments 3.5/20*

*Minimums of 30% in exams.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Enquanto as aulas teóricas permitirão um conhecimento detalhado de soluções de gestão da segurança e da privacidade na arquitetura TCP/IP, as aulas práticas permitirão consolidar estes conceitos teóricos e preparar os alunos para futuras necessidades nas áreas das redes de comunicação. A ligação entre os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos permitirá a coesão necessária para a especificação e a análise das diferentes soluções existentes e a preparação indispensável a futuros desafios.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*Theoretical lessons will provide a detailed overview of all important points about management of security and privacy in TCP/IP architectures. Practical lessons were prepared not only to reinforce and apply salient concepts, but also to create motivation for further challenges.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Lawrence Gordon and Martin Loeb, "Managing Cybersecurity Resources: A Cost-Benefit Analysis", McGraw-Hill*

*André Zúquete, Segurança em Redes Informáticas, FCA Editora, 2006.*

*Mark Burgess, Principles of Network and System Administration (2004)*

*Chris Brendan, Mastering Network Security, Sybil Network Press, 1998*

*J. Kurose and K. Ross "Computer Networking – a top-down approach featuring the Internet" Addison-Wesley, 2005.*

**Mapa IV - Seleção e Manutenção de Motores Elétricos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Seleção e Manutenção de Motores Elétricos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Selection and Maintenance of Electric Motors*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*ENERG*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; TP:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Fernando José Teixeira Estêvão Ferreira; T:28h; TP:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Após completar a unidade curricular, o aluno deve saber avaliar o rendimento e a fiabilidade dos sistemas elétricos de força motriz industriais, conhecer e compreender o princípio de funcionamento dos principais tipos de motores elétricos, saber quais as normas internacionais mais relevantes no domínio dos motores e acionamentos elétricos e identificar as principais vantagens/desvantagens técnico-económicas associadas às diferentes opções tecnológicas disponíveis no mercado. O aluno deve ainda ser capaz de selecionar corretamente um motor/acionamento elétrico, incluindo o respetivo sistema de arranque e proteção. Deverá também conhecer as principais estratégias de manutenção utilizadas na indústria e os procedimentos subjacentes à manutenção corretiva de motores de indução trifásicos, incluindo o reprojeto de enrolamentos estatóricos trifásicos.*

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

*After completing the course, the student should be able to evaluate the efficiency and reliability of industrial electric motor driven systems, to know and to understand the operating principles of the main electric motors, to know the most relevant international standards in the scope of electric motors and drives and to identify the main technical and economic advantages/disadvantages of the different technological options available in the market. The student has to be able to properly select an electric motor/drive, including the starting and protection system. The student should also know the main maintenance strategies used in industry and the procedures underlying the corrective maintenance of three-phase induction motors, including the redesign of three-phase stator windings.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Rendimento e fiabilidade dos sistemas elétricos de força motriz. Normas internacionais relacionadas com os motores e acionamentos elétricos. Aspectos construtivos e princípio de funcionamento dos motores elétricos comercialmente disponíveis. Principais tendências tecnológicas. Impacto da qualidade da alimentação e das condições de funcionamentos no desempenho e tempo de vida dos motores elétricos. Princípios de seleção de motores elétricos. Estimação em campo do nível de carga dos motores de indução trifásicos. Estratégias de manutenção de motores elétricos. Conceito "Indústria 4.0" aplicado aos acionamentos elétricos industriais. Enrolamentos especiais para motores de indução trifásicos. Métodos de arranque de motores de indução trifásicos. Sistemas de proteção de motores de indução trifásicos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Efficiency and reliability of electric motor driven systems. International standards related to electric motors and drives. Constructive aspects and operating principle of commercially available electric motors. Main technological trends. Power quality and operation conditions impact on the electric motor lifetime. Electric motor selection principles. In-field load estimation of three-phase induction motors. Electric motor maintenance strategies. "Industry 4.0" concept applied to industrial electric motor systems. Special windings for three-phase induction motors. Starting methods for three-phase induction motors. Protection system for three-phase induction motors.*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*É objetivo desta unidade curricular que os alunos adquiram conhecimentos sobre os aspetos essenciais associados à seleção e manutenção de motores elétricos para aplicações industriais. São apresentados os principais tipos de motores comercialmente disponíveis e as principais tendências tecnológicas, analisadas as normas internacionais mais relevantes no contexto da eficiência energética e explicados em detalhe os princípios de seleção de motores elétricos para aplicações de velocidade fixa e variável. São abordados vários assuntos relacionados com a manutenção dos motores elétricos em ambiente industrial, como as técnicas de estimação em campo do nível de carga e as principais estratégias de manutenção de motores elétricos, incluindo o conceito "Indústria 4.0". São estudados vários tipos de enrolamentos especiais multivelocidade e multifluxo para motores de indução. Abordam-se ainda os principais métodos de arranque e sistemas de proteção de motores de indução trifásicos.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The aim of this course is that students acquire knowledge about the essential aspects associated with the selection and maintenance of electric motors for industrial applications. Regarding the selection of electric motors, the main types of commercially available motors and the main technological trends are presented, the most relevant international standards related to electric motors and drives efficiency are analysed in detail and the principles of selection of electric motors for fixed and variable speed applications are explained in detail. Several issues related to the maintenance of electric motors in industrial environment are addressed, namely, the in-field motor load estimation techniques and the main maintenance strategies for electric motors, including the "Industry 4.0" concept. Different types of special multispeed and multflux windings for induction motors are studied. The main induction motor starting methods and protection systems are also addressed.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas com exposição de conceitos, princípios e teorias fundamentais sobre a matéria lecionada. Para além dos aspetos teóricos, estas aulas incluem ainda a resolução de exercícios teórico-práticos que ilustram a aplicação dos conceitos abordados a situações reais, exigindo a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovendo o espírito crítico face a problemas complexos. São ainda realizados trabalhos de pesquisa e simulação individuais, com o objetivo de consolidar as matérias abordadas na unidade curricular, bem como para reforçar a perceção da sua aplicabilidade/importância.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Lectures with presentation of concepts, principles and fundamental theories on the taught matter. Besides the theoretical aspects, these classes include solving of practical exercises that illustrate the application of the covered concepts to real situations, requiring the combination of different theoretical concepts and also promoting the critical spirit when facing complex problems. Individual research and simulation works are also performed, in order to consolidate the matters addressed in the course, as well as to reinforce the perception of their applicability/importance.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Na estratégia e no método de ensino adotados procura-se envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal. Assim, para além de competências técnicas específicas, pretende-se promover o desenvolvimento de algumas competências genéricas de natureza pessoal, instrumental e sistémica. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas, os exercícios de aplicação prática resolvidos nas aulas teórico-práticas e o trabalho individual de pesquisa/investigação, estão criadas as condições para o desenvolvimento de competências na resolução de problemas, no raciocínio crítico, na aplicação prática de conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, na análise e síntese de problemas complexos, permitindo ao aluno adquirir autonomia técnica e científica.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The strategy adopted and the teaching method seeks to engage students in the learning process and their personal development. Thus, in addition to specific technical skills, it is intended to promote the development of some generic skills of personnel, instrumental and systemic nature. With the knowledge and understanding of the subjects taught in lectures, practical application exercises solved in practical classes and the individual research/investigation works, the conditions are created for the development of skills in problem solving, critical thinking, practical application of theoretical knowledge and, in a more advanced level, analysis and synthesis of complex problems, allowing to acquire technical and scientific autonomy.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*D. P. Kothari, I. J. Nagrath, "Electric Machines", 4th Ed., McGraw Hill Education, 2016.*

*S. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals", 5th Ed., McGraw-Hill, 2011.*

*A. Fitzgerald, C. Kingsley, S. Umans, "Electric Machinery", 6th Ed., McGraw-Hill, 2006.*

*P. Krause, O. Wasynczuk, S. Pekarek, "Electromechanical Motion Devices", 2nd Ed., Wiley, 2012.*

*I. Boldea, S. A. Nasar, "Electric Drives", 3rd Ed., CRC Press, 2016.*

*Artigos técnico-científicos, catálogos/brochuras de fabricantes e slides disponibilizados pelo docente responsável.*

#### Mapa IV - Sensores Inteligentes

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sensores Inteligentes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Smart Sensors*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*RSC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; TP:14h; PL:14h*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Lino José Forte Marques; T:28h; TP:14h; 2x(PL:14h)*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*A unidade curricular de Sensores Inteligentes visa dotar o estudante dos conhecimentos fundamentais necessários ao projecto e desenvolvimento de sensores inteligentes. Para atingir este objectivo, o estudante deverá ficar a conhecer os principais métodos de transdução e de condicionamento de sinal bem como ser capaz de utilizar sistemas embebidos baseados em microcontroladores com capacidade de aquisição, processamento e comunicação de dados. Estes conhecimentos deverão melhorar os conhecimentos de electrónica analógica e digital e dar ao estudante a capacidade de projectar, implementar e programar um sensor inteligente de média complexidade e integrar esse sensor num sistema de monitorização ou controlo distribuído com capacidade de interface com computadores.*

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

*The Smart Sensors course aims to provide students with fundamental knowledge necessary for the design and development of smart sensors. To achieve this objective, the student should learn the main methods of transduction and signal conditioning as well as being able to use embedded systems based on microcontrollers capable of signal acquisition, processing and data communication. This knowledge should give the student the ability to design, implement and program a smart sensor of medium complexity and integrate this sensor in a monitoring or distributed control system with ability to interface with high-level computers.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****Programa teórico**

- 1. Introdução aos sensores inteligentes**
- 2. Características e parâmetros de desempenho dos sensores**
- 3. Princípios físicos de transdução e principais tipos de sensores**
- 4. Circuitos avançados de condicionamento de sinal**
- 5. Aquisição e processamento de dados sensoriais**
- 6. Redes de sensores**

**Programa prático**

- 1. Microcontroladores: interface e programação**
- 2. Sensores baseados na medição de tempo e frequência**
- 3. Circuitos comutados de condicionamento de sinal**
- 4. Referências de tensão e aquisição de sinais**
- 5. Detecção de fase e detecção síncrona**
- 6. Calibração, linearização e compensação**
- 7. Redes de sensores**

**4.4.5. Syllabus:****Theoretical program**

- 1. Introduction to smart sensors**
- 2. Characteristics and performance parameters of the sensors**
- 3. Principles of physical transduction and main types of sensors**
- 4. Circuits for advanced signal conditioning**
- 5. Sensory data processing**
- 6. Sensor Networks**

**Laboratory program**

- 1. Microcontrollers: interfacing and programming**
- 2. Sensors based on time and frequency measurement**
- 3. Signal conditioning based on switched circuits**
- 4. Voltage references and signal acquisition**
- 5. Phase and synchronous detection**
- 6. Calibration, linearization and compensation**
- 7. Sensor Networks**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos teóricos permitem ao aluno compreender a importância dos sensores inteligentes num contexto actual, repleto de dispositivos com capacidade de detectar eventos ou medir grandezas e partilhar os valores adquiridos com outros dispositivos ligados em rede (internet das coisas). Os tópicos 2 e 3 permitem que o aluno conheça os principais tipos de sensores, os seus meios de transdução e as suas limitações. O tópico 4 procura dotar o estudante de capacidades de síntese em electrónica analógica de condicionamento de sinal avançada, incluindo métodos de detecção coerente, métodos de compensação, ganho ajustável. Os tópicos 5 e 6 introduzem as redes de sensores e*

*alguns métodos de filtragem e estimação distribuída. Em paralelo com estes tópicos, as aulas laboratoriais vão exemplificando a aplicação destes assuntos na implementação de sensores simples.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The theoretical contents allow students to understand the importance of smart sensors in our current World fulfilled of devices capable of detecting events or measuring physical or chemical quantities and share the acquired values with other devices connected to an internet of things (IoT). Topics 2 and 3 let the student know the main types of sensors, their means of transduction and their limitations. The topic 4 seeks to provide students with synthesis capabilities in analog electronics and advanced signal conditioning, including coherent detection methods, methods of automatic compensation and self-calibration. Topics 5 and 6 introduce sensor networks and methods for filtering and distributed estimation. Running in parallel with the theoretical lectures, the laboratory classes exemplify the learnt concepts and propose their implementation in simple sensors.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas do tipo magistral para apresentação teórica dos conteúdos do programa com recurso a meios audiovisuais. Aulas teórico-práticas para demonstração de vários conceitos leccionados nas aulas teóricas e aulas laboratoriais, para implementação e apresentação dos resultados parcelares de mini-projectos de sensores inteligentes, implementados por cada grupo de trabalho ao longo do semestre lectivo.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Master classes for theoretical presentation of the program contents using audiovisual media. Theoretical-practical classes to demonstrate various concepts taught in lectures and laboratory classes, for implementation and presentation of the partial results of smart sensor projects, implemented by each working group throughout the semester.*

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

*A metodologia de ensino adoptada procura envolver o aluno no processo de aprendizagem através da realização de um pequeno projecto de sensor inteligente cuja evolução é acompanhada e avaliada em diversas fases ao longo do semestre. Para implementar esse projecto o aluno terá de utilizar as competências técnicas adquiridas na cadeira e desenvolver competências de auto-aprendizagem, trabalho em grupo e gestão de projecto necessárias à boa execução do trabalho.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methodology adopted seeks to involve students in the learning process by proposing the project of a smart sensor whose progress is monitored and evaluated in various stages throughout the semester. To implement this project the student will have to use the expertise acquired in the course and develop self-learning skills and teamwork and project management skills in order to properly carry-out the work.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Bibliografia principal:*

- Jacob Fraser, "Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications", 5th ed. Springer (2016)
- Lino Marques, "Manual laboratorial de Sensores Inteligentes", Universidade de Coimbra, 2018.
- Lino Marques, "Slides de suporte às aulas de sensores inteligentes", 2007-2018

*Bibliografia complementar:*

- Ramón Pallás-Areny, John G. Webster, "Sensors and Signal Conditioning", 2nd ed, Wiley, 2000.
- John P Bentley, "Principles of Measurement Systems", 4th ed, Pearson (2005)
- Walt Kester, et al, "Sensor Signal Conditioning", Analog Devices, 2002. (online: [www.analog.com](http://www.analog.com))
- Mark Johnson, "Photodetection and Measurement: Maximizing Performance in Optical Systems", McGraw-Hill (2003)
- Lucio Di Jasio, "Programming 16-Bit PIC Microcontrollers in C: Learning to Fly the PIC 24", 2nd ed. Newnes (2011)

**Mapa IV - Sistemas de Comunicação Digital**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sistemas de Comunicação Digital*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digital Communication Systems*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

**TEL**

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*162*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*TP:28h ; PL:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6*

**4.4.1.7. Observações:**  
*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**  
*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
*Maria do Carmo Raposo de Medeiros, TP:14h ; PL:14h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*Marco Alexandre Cravo Gomes, TP:14h ; PL:14h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*O objetivo da disciplina é estudo dos fundamentos dos sistemas de comunicação digital atuais sendo a ênfase colocada na modulação digital utilizada e na arquitectura do receptor. Estudo do desempenho dos principais tipos de sistemas de modulação digital tendo em consideração canais de comunicação realistas.*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*The objective is to present the fundamentals of modern digital communication system design and to evaluate the performance of digital signaling schemes on realistic communication channels. Emphasis is placed on waveform design and receiver design.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**  
*Análise geométrica de sinais e ruído em sistemas de transmissão digital.*  
*- Sistemas de transmissão digital passa-banda.*  
*- Sistemas com modulação digital de multi-portadoras ortogonais.*  
*-Sistemas com modulação com espalhamento espectral*

**4.4.5. Syllabus:**  
*-Signal and noise space analysis of digital transmission systems.*  
*-Digital bandpass transmission systems.*  
*-Orthogonal Frequency Division Multiplexing systems*  
*-Spread Spectrum Modulation systems*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O conteúdo programático desta unidade curricular incide no estudo dos princípios fundamentais de sistemas de comunicação digital passa-banda , o que é consistente com os objetivos da disciplina.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus of this curricular unit is focused on the study of actual bandpass digital communication systems , which is consistent with the objectives of the course.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

***Aulas teórica-práticas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e modelos matemáticos relevantes e com resolução de alguns exercícios que concretizem e exemplifiquem a aplicação das matérias lecionadas. Aulas laboratoriais implementação de sistemas de transmissão digital passa-banda , recorrendo a kits electrónicos, plataformas de software defined radio e matlab/simulink.***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***Theoretical-practical classes involving detailed presentation of concepts, principles and relevant mathematical models and resolution of some problems to help the understanding of the concepts. Laboratory classes with analysis and implementation of digital bandpass communication systems based on electronic kits, software defined radio platforms and matlab/simulink***

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

***A disciplina requer a compreensão de conceitos, análise matemática e aplicação prática, daí a necessidade de aulas teóricas com resolução de exemplos/exercícios e trabalhos laboratoriais.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***This course is based on concepts, mathematical analysis as well as practical application, hence the need for theoretical and problem solving exercises as well as laboratory classes.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***Notas das aulas de Sistemas de Comunicação Digital, Maria Medeiros e Marco Gomes;  
S. Haykin "Digital Communication Systems", Wiley (2014);  
J.G. Proakis and M. Salehi, "Fundamentals of Communication Systems", Pearson 2014;  
H.H. Nguyen and E. Shwedyk, "A First Course in Digital Communications", Cambridge University Press, 2009;  
A. Bruce Carlson, P Crilly, "Communication Systems", Wiley ( Eds. 2002, 2010, 2013).***

**Mapa IV - Sistemas de Comunicação Óticos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Sistemas de Comunicação Óticos***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Optical Communication Systems***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***TEL***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***TP:38h ; PL:18h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

**Maria do Carmo Raposo de Medeiros, TP:38h ; PL:18h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**<sem resposta>**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Conhecimento detalhado sobre dispositivos e unidades funcionais usados em sistemas de comunicação com transmissão por fibras ópticas, e sobre os métodos utilizados em projecto de sistemas de comunicação ópticos. Serão abordados tópicos de redes óticas, nomeadamente a arquitetura e funcionalidades das redes de transporte e de acesso.**

**Após a frequência desta disciplina, os alunos deverão ter adquirido os conhecimentos científicos e competências técnicas necessários para a concepção e desenvolvimento daqueles sistemas, e deverão ser capazes de compreender e acompanhar a evolução científica e tecnológica neste domínio.**

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

**Detailed knowledge about devices and functional units used in communication systems with optical fibre transmission, and about the methods used in the design of optical communication systems. Architecture aspects of optical transport and access networks will also be covered. After attending this curricular unit, the students should have acquired the fundamental scientific knowledge and technical skills required for the design and development of those systems, and should be capable of understanding and following the scientific and technological evolution in this domain.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Estrutura funcional e classificação dos sistemas de comunicação ópticos.**

**Fibras ópticas. Fontes e transmissores ópticos. Detectores e receptores ópticos.**

**Projecto de sistemas de comunicação ópticos com detecção directa. Amplificadores ópticos. Sistemas de comunicação ópticos com múltiplos canais.**

**Sistemas de comunicação ópticos coerentes.**

**Aplicação da tecnologia ótica na rede de transporte e de acesso.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Functional structure and classification of optical communication systems. Optical fibres. Optical sources and transmitters. Optical detectors and receivers. Design of optical communication systems with direct detection. Optical amplifiers. Optical communication systems with multiple channels. Coherent optical communication systems. Optical technology applied to the transport and access network.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**O estudo da estrutura funcional e classificação dos sistemas de comunicação ópticos possibilita a identificação dos dispositivos e unidades funcionais neles utilizados e dos parâmetros relevantes para o seu projecto e desenvolvimento, que são consequentemente estudados em capítulos dedicados.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**The study of the functional structure and classification of optical communication systems enables the identification of devices and functional units used in them and of the parameters relevant for their design and development, which are consequently studied in dedicated chapters.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**38 horas de aulas teórico-práticas, 18 horas de aulas práticas laboratoriais.**

**Trabalhos práticos/laboratoriais: caracterização de fibras, dispositivos (foto-detectores, díodos emissores de luz e lasers) e subsistemas fotónicos (transmissores e receptores); teste de sistemas de comunicação por fibra óptica com modulação de intensidade e detecção directa; simulação computacional; estudo de casos com o Matlab.**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**38 hours of theoretical and practical lectures, 18 hours of practical and laboratorial sessions.**

**Laboratory/ practical work: characterization of optical fibres, devices (photodetectors, light emitting diodes and lasers) and photonic subsystems (transmitters and receivers); test of optical fibre communication systems with intensity modulation and direct detection; computational simulation; case studies with Matlab.**

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

**Os trabalhos práticos/laboratoriais baseiam-se no conhecimento transmitido nas aulas teóricas e visam a sua aplicação na caracterização de dispositivos e sistemas funcionais e na avaliação do desempenho de sistemas de**

**comunicação ópticos simples. As características específicas da tecnologia ótica permitem compreender as funcionalidades da rede ótica de transporte e de acesso.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The practical/laboratory work is based on the knowledge transmitted in the theoretical lectures and aims its application in the characterization of devices and functional units and on the performance evaluation of simple optical communication systems. The study of the optical technology enables the functionalities and analysis of optical access and transport networks.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***Govind P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", John Wiley & Sons, Inc., 2002 & 2010.***

***Gerd Keiser, "Optical Fiber Communications", McGraw-Hill, 2000 & 2010.***

***Rongqing Hui, "Introduction to Fiber-Optic Communications", Academic Press, 2019.***

***Rajiv Ramaswami & Kumar N. Sivarajan, "Optical Networks - A Practical Perspective", Elsevier, 2010.***

***Biswanath Mukherjee, "Optical WDM Networks", Springer, 2006.***

***Le Nguyen Binh, "Optical Fiber Communications Systems: Theory and Practice with MATLAB® and Simulink® Models, CRC Press, 2014.***

**Mapa IV - Sistemas de Tempo Real**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Sistemas de Tempo Real***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Real-Time Systems***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***COMP***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T:28h ; PL:28h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

***Rui Alexandre de Matos Araújo; T:28h ; 2x(PL:28h)***

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

***<sem resposta>***

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***A disciplina tem por objectivo que os estudantes adquiram conhecimentos e competências na aplicação dos conceitos fundamentais relativos a Sistemas de Tempo Real, bem como analisar, compreender e projectar Sistemas de Tempo***

**Real.**

**Aquisição de competências em análise e síntese, conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, autocrítica e auto-avaliação.**

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

***The objective of the course is that students acquire competencies required to have knowledge and apply the fundamental concepts concerning Real Time Systems, as well as analyse, understand, and design Real Time Systems. Acquiring competencies in analysis and synthesis, informatics knowledge concerning the scope of study, critical reasoning, problems solving, autonomous learning, adaptivity to new situations, auto-critique and auto-evaluation.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Temporização e predictabilidade; Núcleos de tempo-real; Sincronização e comunicação em sistemas de tempo-real (STR); Escalonamento em STR; Tolerância a falhas; Problemas relacionados com arquitectura de computadores; Comunicação em tempo-real em redes; Sistemas operativos de tempo real aplicados a robótica e internet das coisas (IOS). Estruturação de software de tempo-real.***

**4.4.5. Syllabus:**

***Timing and predictability; Real-time systems in integrated systems (embedded systems); Real-time kernels; Synchronization and communication in real-time systems (RTS); Scheduling in RTS; Fault tolerance; Problems related to computer architecture; Real-time communication in communication networks; Real-time operating systems applied to robotics and internet of things (IOS). Structuring of real-time software.***

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

***Os conteúdos programáticos propostos cobrem as matérias, problemas, metodologias, conhecimentos e competências necessárias na aplicação dos conceitos fundamentais relativos a Sistemas de Tempo Real, bem como na análise, compreensão e desenvolvimento de Sistemas de Tempo Real. Estes conteúdos são os usuais em disciplinas de sistemas de tempo real.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

***The proposed syllabus contents cover the subjects, problems, methodologies, knowledge, and competencies required for the application of the fundamental concepts related to Real-Time Systems, as well as in the analysis, understanding, and development of Real-Time Systems. These syllabus contents are the usual in real-time systems subjects.***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

***Aulas teóricas do tipo magistral com exposição, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios, teorias e metodologias e com a apresentação de exemplos de concretização e aplicação.***

***Aulas práticas laboratoriais com a orientação do docente: nestas, haverá algum tempo dedicado à apresentação de tópicos relevantes para a execução dos trabalhos práticos; e o restante tempo será dedicado à realização de trabalhos práticos que exijam a aplicação e conjugação de conceitos distintos.***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

***Theoretical classes of magisterial type with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles, theories, and methodologies, and with the presentation of illustrative and application examples.***

***Practical laboratory classes, supervised by a professor: in these classes, some time is dedicated to the presentation of topics relevant to the laboratory works; And the rest of the time is dedicated to the development of laboratory works which require the application and combination of different concepts.***

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

***A metodologia de ensino adotada procura envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas-científicas em STR, de algumas competências genéricas.***

***Com o conhecimento e a compreensão das matérias leccionadas nas aulas teóricas, e com os trabalhos de aplicação prática que se procura que os alunos desenvolvam nas aulas laboratoriais (em que os objectivos são aplicar conceitos fundamentais de STR; e analisar, compreender e projectar programas em STR), estão criadas as condições que permitem aos alunos adquirir competências técnico-científicas em STR, e competências genéricas como as de análise e síntese, conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo, raciocínio crítico, resolução de problemas, aprendizagem autónoma, adaptabilidade a novas situações, e autocrítica e auto-avaliação.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

***The teaching methodology adopted aims at engaging the students in the learning process and in his personal***

**development, and lead to the development of technical-scientific competencies in RTS, as well as some general competencies.**

**With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and with the practical application assignments given in the laboratory classes (where the goals are to apply fundamental concepts of RTS; and analysing, understanding, and designing programs in RTS), conditions exist for the students to acquire technical-scientific competencies in RTS, as well as general competencies such as the ones of analysis and synthesis, knowledge on informatics concerning the scope of study, critical reasoning, problems solving, and autonomous learning, adaptivity to new situations, and auto-critique and auto-evaluation.**

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Burns, A., Wellings, A. (2009) – *Real-Time Systems and Programming Languages, 4th Edition, Addison Wesley.*
- Buttazzo, G.C. (2011) – *Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications, 3rd Edition, Springer.*
- Kopetz, H. (2011) – *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications, 2nd Edition, Springer.*
- Liu, J.W.S. (2000) – *Real-Time Systems, Prentice-Hall*

### Mapa IV - Sistemas e Robôs Interativos

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

***Sistemas e Robôs Interativos***

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

***Interactive Systems and Robotics***

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

***RSC***

##### 4.4.1.3. Duração:

***Semestral***

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

***162***

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

***T:28h; OT:28h***

##### 4.4.1.6. ECTS:

***6***

##### 4.4.1.7. Observações:

***<sem resposta>***

##### 4.4.1.7. Observations:

***<no answer>***

#### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

***Paulo Jorge Carvalho Menezes ; T:28h; OT:28h***

#### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

***<sem resposta>***

#### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

***Esta UC visa o desenvolvimento de competências no desenvolvimento de suporte capaz de dotar diversos tipos de sistemas, incluindo robôs, de capacidades para suportar a interação com o utilizador. No final os estudantes deverão ser capazes de identificar técnicas ou tecnologias mais adequadas para desenvolver determinado tipo de sistema interativo e avaliar a sua adequação à classe de utilizadores alvo.***

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

*This course aims at endowing the students with the necessary competencies for developing various types of systems and robots suitable for human interaction. At the end the students should be able to identify the adequate techniques or technologies for each type of interactive system, as well as to evaluate how suitable it is for the intended class of users.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- *Evolução histórica dos dispositivos interativos*
- 2- *Dos requisitos funcionais aos requisitos ergonómicos.*
- 3- *Fusão sensorial e a percepção do ambiente e das pessoas.*
- 4- *Interação multimodal: toque, movimentos corporais, gestos, expressões, fala, direção do olhar, seguimento da pessoa, etc.*
- 5- *Dispositivos interativos vestíveis: captura, processamento de sinais e geração de estímulos.*
- 6- *Ambientes interativos: Sensores de ambiente, interação e controlo de espaços inteligentes.*
- 7- *Robótica interativa e colaborativa doméstica, fabril e de exploração.*
- 8- *Dispositivos para aumento das capacidades humanas.*
- 9- *Sistemas assistivos na limitação física ou cognitiva e no envelhecimento.*
- 10 - *Robôs afetivos e sociais.*
- 11- *Análise e avaliação de sistemas interativos.*
- 12- *Sistemas interativos, segurança e privacidade.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1- *Historical evolution of interactive devices*
- 2- *From functional to ergonomic requirements*
- 3- *Sensor fusion and perception of environment and people.*
- 4- *Multimodal interaction: touch, body movement, gestures, expressions, speech, gaze, person tracking, etc.*
- 5- *Wearable interactive devices: capture and processing of signals, and stimuli generation.*
- 6- *Interactive environments: environment sensors, interaction and control of smart spaces.*
- 7- *Interactive and collaborative robotics for domestic, industrial and exploration use.*
- 8- *Human augmentation devices.*
- 9- *Assistive systems for physical and cognitive handicaps, and ageing.*
- 10- *Affective and social Robots*
- 11- *Analysis and evaluation of interactive systems.*
- 12- *Interactive Systems, security and privacy.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Esta UC visa estabelecer uma ponte entre alguns dos assuntos estudados noutras UCs, tais como visão por computador, robótica ou processamento digital de sinal e o seu uso no desenvolvimento de sistemas interativos. Para lá dos aspetos técnicos, procurar-se-á também desenvolver alguma sensibilidade nos estudantes a aspectos como sejam a ergonomia ou as metodologias de avaliação de sistemas interativos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*This course aims at establishing a bridge between the technologies and techniques studied in other courses such as computer vision, robotics or digital signal processing, and their use in the development of interactive systems. Besides the technical aspects, it will also try to develop some sensitivity to aspects such as ergonomics and methodologies for the evaluation of interactive systems.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, recorrendo a meios audiovisuais, com exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos elementares que concretizem o interesse prático da matéria e exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.*  
*Aulas de orientação tutorial onde a elaboração de projectos e sua discussão leva o aluno a melhor compreender as questões que vão além da área da engenharia.*  
*A avaliação consiste em duas partes: Um exame final com peso de 50% da nota final e um conjunto projetos ou seminários que terá como peso os restantes 50%*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.*  
*Tutorial orientation classes, where the development of projects and their analysis will the student to understand the issues that go beyond common engineering.*

**Grading is composed of two parts: A final exam weighting 50% of the final mark, and a set of projects or seminars that will weight for the remaining 50%.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.**

**Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e o desenvolvimento de projectos estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

**The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.**

**With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the development of projects, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**Helen Sharp, Yvone Rogers, Jenifer Preece, Interaction Design : Beyond Human-Computer Interaction, 3rd Edition, John Wiley & Sons Ltd, 2011**

**Jeff Johnson, Designing with the mind in mind, 2nd Edition, MK 2014**

**Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Human-Robot Interaction in Social Robotics, CRC Press, April 19, 2016**

#### **Mapa IV - Sistemas Rádio Definidos por Software**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Sistemas Rádio Definidos por Software**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Software Defined Radio Systems**

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

**TEL**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**162**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**TP:28; PL:28**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6**

**4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

**Marco Alexandre Cravo Gomes, TP:28; PL:28**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**<sem resposta>**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Os objetivos da unidade curricular são duplos e complementares entre si. Por um lado, dar continuidade ao estudo de sistemas de comunicação digital ao nível da camada física, focando importantes conceitos/problemas como o sincronismo, a igualização, a estimação de canal e também o estudo de técnicas avançadas de comunicação que possibilitam a transmissão fiável de informação em canais fortemente dispersivos no tempo e na frequência. O segundo objetivo consiste no estudo da implementação dos vários sub-blocos que compõem um sistema de comunicação digital em plataformas de rádio definido por software, fazendo uso de técnicas de processamento digital de sinal.**

**Os alunos, no final da unidade curricular, deverão ter adquiridos as competências necessárias que lhes permita realizar a análise teórica e simultaneamente implementação prática (real) de sistemas de comunicação digitais complexos.**

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

**The objectives of the course are dual and complementary. On the one hand, it intends to continue the study of digital communication systems within the physical layer, focusing on important concepts/problems such as synchronization, equalization, channel estimation and of advanced digital communication techniques that enable reliable transmission of information in highly dispersive (both in time and frequency) channels.**

**The second objective is to study the implementation of the various sub-blocks that make up a digital radio communication system in software defined radio platforms, using digital signal processing techniques.**

**Students at the end of the course, should have acquired the necessary skills to enable them to carry out theoretical analysis and simultaneously real-life practical implementation of complex digital communication systems.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Rádios definidos por software:**

**- conceitos básicos;**

**- formulação multirritmo de sistemas de comunicação;**

**2. Sistemas transmissores/receptores baseados em DFT**

**3. Sincronização**

**- sincronismo de portadora;**

**- sincronismo temporal.**

**4. Igualização**

**5. Estimação de canal**

**6. Conceitos básicos de sistemas MIMO**

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Software radio receiver design:**

**- basic concepts;**

**- multirate formulation of communication systems.**

**2. DFT based transceivers**

**3. Synchronization**

**- carrier recovery;**

**- timing recovery,**

**4. Equalization**

**5. Channel estimation**

**6. MIMO basic concepts**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

**Lecionação de tópicos avançados de sistemas de comunicação digital com a implementação prática destes sistemas, usando técnicas de processamento digital de sinal, em plataformas de Software Defined Radio de uma implementação de um sistema transmissor e recetor totalmente digital e facilmente reconfigurável. No estudo das técnicas de comunicação digital lecionadas nas unidades curriculares anteriores a esta é assumida a perfeita sincronização entre o emissor e o recetor, antes de ser realizada a desmodulação. Para além disso, considera-se apenas o caso de transmissão em linha-de-vista, assumindo o canal como não-dispersivo, modelado através de um canal AWGN. A perfeita sincronização do emissor-recetor constitui um elemento-chave do desempenho desses sistemas e, como tal, o estudo de como este pode ser obtida, ou a diminuição do desempenho do Sistema na sua ausência, constitui um tópico importante no plano de estudos**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

**This course combines the lecturing of some advanced topics of digital communication systems with the practical**

*implementation of these systems using digital signal processing techniques in platforms of software defined radio, following the industry moving trend to a fully digital, flexible, and reconfigurable implementation of digital transceivers. The digital communication techniques studied in the curricular units that precedes this unit always assume perfect synchronization previous to signal demodulation, and consider only the case of line-of-sight non-dispersive transmission, modelled through an additive white Gaussian noise channel. However, perfect synchronization constitutes a key element for the good performance of such systems and in this regard synchronization recovery is a key subject on the syllabus of advance courses on digital communications. Also, wireless channels are dispersive by nature, whereby equalization is crucial block on today's DCS.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas-práticas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais. Ilustração dos conceitos com a apresentação de casos de estudo que exemplifiquem a sua aplicação a situações reais e resolução de exercícios.*

*Aulas laboratoriais de carácter experimental (implementação em plataformas USRP de rádio definido por software) e simulação (usando Matlab, Simulink e Gnuradio) em que se pretende que os alunos, apliquem os conceitos teóricos apreendidos com vista à consolidação dos mesmos.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical-practical classes with detailed presentation, using audiovisual means, of the concepts, principles and fundamental theories and solving of basic practical exercises to illustrate the practical interest of the subject and exemplify its application to real cases.*

*Laboratory classes where the student should apply the theoretical concepts in order to implement and simulate (using USRP software defined radio platforms and Matlab, Simulink and Gnuradio) the digital communication systems that were taught, in order to consolidate the same.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas-práticas e a realização de trabalhos experimentais laboratoriais em plataformas de Software Defined Radio e de simulação em ferramentas de software de referência, (como o Matlab, Simulink e Gnuradio) estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese, concretamente na análise, projeto e implementação de sistemas de comunicação digital ao nível da camada física.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical-practical classes and experimental work in lab using Software Defined Radio platforms and through simulation using leading software of reference (such as Matlab, Simulink and Gnuradio), conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis, project and implementation of digital communication systems at the physical layer level.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *M. Rice, Discrete-Communications: A Discrete Time Approach, Prentice Hall, 2009.*
- *Alexander M. Wyglinski, Di Pu, Digital Communication Systems Engineering with Software Defined Radio, Artech House 2013*
- *R. Stewart, K. Barlee, D. Atkinson, L. Crockett, Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde 2015*
- *C. Johnson, W. Sethares, A. Klein, Software receiver design, Cambridge 2011*

### Mapa IV - Sistemas Robóticos Autónomos

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Sistemas Robóticos Autónomos*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Autonomous Robotic Systems*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****RSC****4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28; PL:28h****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista; T:14; PL:28h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Jorge Manuel Miranda Dias; T:14; PL:28h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Esta unidade curricular (UC) tem como objectivo apresentar os vários subsistemas funcionais que constituem e compõem os sistemas robóticos. A UC procura fornecer aos alunos conhecimento em aspectos computacionais de Sistemas Robóticos Autónomos, em particular na modelação, localização, representação e construção de mapas e navegação.***

***Pretende-se que os alunos adquiram competências em concepção, modelação e integração de subsistemas robóticos, estimulando capacidades de raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e de aplicação de conceitos de cariz teórico a problemas práticos.***

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

***This course aims to present the various functional subsystems that comprise a robotic system. The course seeks to provide students with knowledge in the computational aspects of Autonomous Robotics, in particular in modeling, localization, map representation and map generation and robot navigation.***

***It is intended that students acquire competencies in design, modeling and integration of robotic subsystems, in particular those oriented to mobile robotics, encouraging critical reasoning skills, autonomous learning and ability to apply theoretical concepts to practical problems.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução e contextualização dos sistemas robóticos***
- 2. Sistemas de Actuação e Sensores para robótica***
- 3. Locomoção e Condução.***
- 4. Odometria, modelação e correcção de erros***
- 5. Mapas, Mapeamento e Construção de mapas***
- 6. Navegação e Localização***
- 7. Planeamento do Movimento e Trajectórias***
- 8. SLAM - localização e mapeamento simultâneos.***

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction and contextualization of robotics systems***
- 2. Actuators and Sensors for mobile robots***
- 3. Locomotion and Driving.***

4. Odometry, modeling and error correction
5. Maps, Mapping and Construction of maps
6. Navigation and Localization
7. Planning Movement and Trajectories
8. SLAM - Simultaneous localization and mapping.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Nesta UC são apresentados os diferentes aspectos da robótica autónoma, focando aspectos de mais baixo nível como a capacidade de locomoção até aos de mais alto nível como a cognição e a capacidade de navegação autónoma. A UC começa com uma análise sobre os mecanismos dos sistemas robóticos que lhe conferem capacidade de locomoção e percepção. É estudado em detalhe a modelação cinemática dos diferentes tipos de rodas, evoluindo-se gradualmente para o estudo dos aspectos da mobilidade e manobabilidade de plataformas móveis. Após a modelação cinemática de plataformas móveis, a UC concentra a sua atenção nos três elementos chave da robótica móvel: Mapeamento: mapas e construção de mapas; Localização: localização absoluta, localização de Markov e Gaussiana; e Planeamento de Trajectórias: capacidade de se deslocar para um ponto objectivo. Concluimos o curso com a apresentação do conceito de mapeamento e localização simultâneo (SLAM) e sua aplicação em problemas de robótica móvel.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *This course introduces the different aspects of autonomous robotics, ranging from robot's low level locomotive ability to high-level cognition and its ability to navigate robustly and autonomously. We begin with a survey of the most popular mechanisms that enable locomotion and perception and evaluate locomotion mechanisms overall motion capabilities quantitatively, focusing on the kinematic aspects of the robot, beginning with the kinematic contribution of each wheel and graduating to an analysis of the robot maneuverability. Then we move our focus to the three key issues of mobile robotics: (i) Mapping : maps and map construction, (ii) Localization : Absolute Localization, Markov localization and Gaussian localization and (iii) Path planning : formulating a plan to get use where we want to go. We conclude the course covering the theory behind simultaneous localization and mapping (SLAM) as well as a brief review of the Kalman Filter and also the EKF.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): *Esta disciplina adopta como metodologia de ensino a apresentação de conceitos de cariz mais teórico e conceptual em aulas do tipo magistral, complementado com uma forte componente laboratorial onde os alunos podem implementar e validar as funcionalidades dos conceitos introduzidos nas aulas magistrais, recorrendo quer a ambiente de simulação quer à implementação de algoritmos em plataformas móveis didáticas disponibilizadas aos alunos. É utilizada a plataforma de desenvolvimento ROS na componente laboratorial da disciplina.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): *This course adopts as teaching methodologies the presentation of theoretical and conceptual aspects of autonomous robotics in master classes (theoretical classes), complemented with a strong laboratory component where students are able to implement and validate the concepts presented and learned on the master classes by performing simulation studies in Matlab and through the realization of an experimental project using several didactic mobile platforms. ROS development platform is used on the laboratory component.*

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *O conhecimento transmitido nas aulas magistrais é gradualmente transposto para as aulas laboratoriais através dos vários labworks, nos quais o aluno é induzido a aplicar e validar os conceitos adquiridos, permitindo o desenvolvimento de competências de análise de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma. A possibilidade que os labworks proporcionam para a consolidação da aprendizagem das matérias leccionadas, associados à possibilidade de validação e visualização de resultados subjacentes à simulação, permitem uma aprendizagem autónoma e sustentada dos problemas inerentes à modelação de plataformas móveis, integração de informação sensorial, mapeamento e localização e finalmente incorporação de estratégias de navegação. Com a realização de mini-projectos experimentais usando plataformas educacionais desenvolvidas para o efeito, os alunos têm a possibilidade de validar em ambiente real os conceitos estudados e validados através de simulação.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The knowledge imparted in the master classes is gradually implemented in the laboratory classes through various labworks, in which the student is asked to apply and validate the concepts acquired, allowing the development of skills of problem analysis, critical thinking and independent learning. The possibility that labworks provide for the exercise of theoretical concepts taught, associated with the possibility of validation and visualization of results underlying the simulation, provide a sustained and autonomous learning of the problems inherent to modeling of mobile platforms, sensory integration, map building and localization and finally path planning. With the completion of an experimental study in didactic mobile platforms, students have the possibility to validate in a real environment the concepts studied and validated through simulation, allowing them to take direct awareness of the*

*problems and difficulties of implementation of the solutions studied in real platforms.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***Bibliografia Recomendada***

- R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, D. Scaramuzza (1st ed 2004, 2nd ed 2011), *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, The MIT Press, 2004 (2011)
- S. Thrun, W. Burgard e D. Fox (2005), *Probabilistic Robotics*, The MIT Press, 2005

***Bibliografia complementar***

- Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George A. Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, Sebastian Thrun (2005), *Principles of Robot Motion Theory, Algorithms, and Implementations*, MIT Press
- Gregory Dudeck & Michael Jenkin (2000) *Computational Principles of Mobile Robotics*, Cambridge University Press
- H. R. Everet, A.K.Peters (1995), *Sensors for Mobile Robots-Theory and Applications*, (online available)

**Mapa IV - Técnicas Computacionais de Detecção, Estimação e Identificação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Técnicas Computacionais de Detecção, Estimação e Identificação***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Computational Techniques of Detection, Estimation and Identification***

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

***MCA***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***162***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T:14h ; PL:42h***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

***Nuno Miguel Mendonça da Silva Gonçalves; T:14h; PL:42h***

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

***<sem resposta>***

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Nesta cadeira vamos estudar métodos para estimação, deteção e identificação. É um curso de âmbito geral com aplicação em todos os domínios de engenharia e ciências computacionais em que seja necessário fazer inferência a partir de dados. Na primeira parte da cadeira vamos estudar técnicas de estimação de parâmetros através da minimização determinística de funções objetivo. Na segunda parte teremos uma introdução a métodos de estimação estocástica e métodos não-paramétricos. Na terceira parte, serão abordados os fundamentos de métodos recentes e modernos envolvendo aprendizagem máquina***

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

*The present course focuses on computational methods for estimation, detection and identification. The subjects taught in this class have a broad range of application in almost all domains of engineering and computer science. We will learn how to infer information from data. The first part focuses on estimation assuming an implicit parametric model. On the second part we will overview some stochastic estimation techniques as well as non-parametric estimation. In the third part, we will focus the fundamentals of new and modern techniques involving machine learning.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Estimação Paramétrica*
  - a. *Problemas diretos e inversos*
  - b. *Modelo matemáticos*
  - c. *Problemas inversos lineares e não lineares*
2. *Regressão linear*
  - a. *Solução de mínimos quadráticos (MQ)*
  - b. *Solução de máxima verosimilhança*
  - c. *Propagação de incerteza*
3. *Estimação robusta*
  - a. *Polarização estatística e normalização*
  - b. *Estatística do erro desconhecida.*
  - c. *Bootstrap e Monte-Carlo*
  - d. *Outliers, RANSAC e LMedS*
  - e. *Estimadores robustos tipo M*
4. *Métodos de Sub-espaço e MQ totais*
  - a. *Valores singulares*
  - b. *Componentes principais*
  - c. *Pseudo-inversa Moore-Penrose*
  - d. *Inversa generalizada*
  - e. *Condicionamento e valores singulares truncados*
  - f. *Regularização*
  - g. *MQ totais e generalizados*
5. *Estimação não-linear*
  - a. *Funções convexas e extremos locais*
  - b. *Mínimos locais e globais. Técnicas de "annealing" e questões de convergência*
  - c. *Optimização com e sem restrições*
6. *Métodos de Estimação Estocástica*
7. *Métodos Não Paramétricos*
8. *Fundamentos de estimação, deteção e identificação usando aprendizagem máquina*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Parameter Estimation*
  - a. *Direct and Inverse problems*
  - b. *Mathematic models*
  - c. *Linear and non-linear inverse problems*
2. *Linear Regression*
  - a. *Least square problems (LS)*
  - b. *Maximum likelihood solutions*
  - c. *Error propagation*
3. *Robust Estimation*
  - a. *Statistical bias and normalization*
  - b. *Unknown statistical error distribution*
  - c. *Bootstarp and Monte-Carlo*
  - d. *Outliers, RANSAC and LMedS*
  - e. *M-Estimators*
4. *Subspace methods and Total LS*
  - a. *SVD decomposition*
  - b. *Principal components*
  - c. *Moore-Penrose pseudo-inverse*
  - d. *Generalized inverse*
  - e. *Conditioning problems and truncated singular values*
  - f. *Regularization*
  - g. *Total and Generalized LS*
5. *Non-linear Optimization*
  - a. *Convex objective functions and local extrema*
  - b. *Local and global minima. Annealing techniques and convergence issues*
  - c. *Constrained and unconstrained optimization*
6. *Stochastic estimation methods*

**7. Non parametric estimation****8. Fundamentals of estimation, detection and identification using machine learning**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A disciplina pretende ser transversal a diferentes áreas de Engenharia Electrotécnica e Computadores (e não só) dotando o aluno com conhecimentos fundamentais sobre técnicas de estimação de parâmetros e optimização. Os conteúdos são abordados com profundidade e formalismo matemático rigoroso. Sempre que possível são dados exemplos práticos de aplicação de forma a ajudar à interiorização dos conceitos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The course aims to be transversal to different sub-fields of engineering providing the students with fundamental knowledge about estimation and optimization techniques. The different topics are studied in detail using a mathematically rigorous formalism. Application examples are often provided to better illustrate the concepts and motivate the student.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**1. Exposição e discussão teórica (~25% do tempo):**

**a. 1h de preparação - leitura prévia da bibliografia selecionada;**

**b. 2 a 3h de estudo posterior para consolidação.**

**2. Aulas laboratoriais (~75% do tempo)**

**a. 2 a 3h de estudo posterior para consolidação**

**b. Acompanhamento dos trabalhos finais.**

*A avaliação consiste na elaboração e apresentação de um projeto relacionado com um tema individual a acordar com o docente. Espera-se do trabalho (a apresentar em formato publicável) a análise de um conjunto de dados para aplicação direta de uma ou mais técnicas de estimação, deteção e/ou identificação.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

**1. Theoretical exposition and discussion (~25% of the time):**

**a. 1h preparation - previous readings of bibliographic material;**

**b. 2 to 3h of consolidation study;**

**2. Laboratory lessons (~75% of the time):**

**a. 2 to 3h of consolidation study;**

**b. Monitoring of the final projects.**

*The evaluation consists in the elaboration and presentation of a final project related to an individual theme to accord with the teachers. It is expected that the project (in a publishable format) analyses a set of data to direct application of one or more techniques for estimation, detection and/or identification.*

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

*Dada a variedade e extensão das técnicas de estimação paramétrica e não paramétrica, deteção e identificação, as aulas de discussão teórica pretendem dotar o aluno de uma visão rigorosa sobre os fundamentos científicos das metodologias usadas nos problemas, bem como uma visão prática sobre os detalhes de implementação das técnicas computacionais estudadas. A discussão de exemplos em áreas transversais da engenharia e ciências da computação permite a versatilidade inerente à implementação destas técnicas.*

*Entende-se que a metodologia de avaliação mais adequada compreende a realização de um projeto a realizar durante as aulas laboratoriais (sugere-se a escrita de um artigo científico para eventual submissão a uma revista científica), uma vez que permite o contacto com um problema específico e atual de estimação, deteção e/ou identificação, obrigando à pesquisa das técnicas mais recentes e adequadas à solução do problema. A escolha do tema é feita em reunião com o docente.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*Given the variety and extension of the computational techniques for parametric and non-parametric estimation, detection and identification, the theoretical discussion lessons give the student a rigorous perspective about the scientific fundamentals of the methodologies used in the problems, and a practical vision over the implementation details of the computational techniques studied. Examples in transversal areas of engineering and computer science allow the student to learn the versatility of the implementation of the techniques.*

*The evaluation methodology adopted is the realization of a project to be implemented during the laboratorial lessons (it is suggested the writing of an article for potential submission to a journal), since it allows the student to contact with a specific and real problem of estimation, detection and/or identification, leading it to search for recent and adequate techniques to the problem. The choice of the project theme is made in a meeting with the teacher.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**1. Numerical Recipes in C++, W. Press, S. Teukolsky, W. Vetterling and B. Flannery. 3rd ed. (2007), Cambridge University**

*Press.*

2. *Parameter Estimation and Inverse Problems (2nd edition)*, R. Aster, B. Borchers and C. Thurber. Academic Press, Jan 2012.

3. *Convex Optimization*, S. Boyd and L. Vandenberghe. Cambridge University Press (Mar 2004). [Optimização Convexa]

4. *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*, J. Dennis and R. Schnabel. SIAM Classics in Applied Mathematics (1996). [Optimização não linear]

5. *Pattern Classification*. R. Duda, P. Hart and D. Stork. Wiley-Interscience; 2nd ed. (Nov 2000) . [Estimação não paramétrica]

6. *Practical Methods of Optimization*. R. Fletcher. Wiley (May 2000). [Optimização Não Linear]

7. *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, A. Papoulis and S. Pillai. McGrawHill (4th ed. 2002). [Probabilidades e Estatística]

8. *Robust Estimation and Testing*. R. Staudte and S. Sheather. John Wiley & Sons (1990).

#### Mapa IV - Tecnologia de Redes de Comunicação

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Tecnologia de Redes de Comunicação*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Communication Networks Technology*

##### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*TEL*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*162*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*T:28; PL:28*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

##### 4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):

*Lucia Maria Albuquerque Martins, T:14; PL:14*

##### 4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:

*Jorge Miguel Sá Silva, T:14; PL:14*

##### 4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Pretende-se que os alunos fiquem familiarizados com as tecnologias e os protocolos usados nas redes atuais e emergentes. Deverão adquirir conhecimentos sobre estrutura de elementos fundamentais nas redes e ainda compreender os mecanismos utilizados para garantir a QoS em redes, e a introdução de redes MPLS como tecnologia que permite implementar técnicas de eng. de tráfego em redes. Serão abordados conceitos básicos de computação na nuvem, devendo os alunos compreender de que forma se interligam os componentes para ser possível construir redes de centros de dados. Em seguida os alunos terão contacto com novos paradigmas de controlo e gestão em redes, em particular o conceito de redes definidas por software. Finalmente são introduzidas as redes de sensores, devendo os alunos ficar a conhecer a sua estrutura e ficar cientes das questões específicas dos protocolos envolvidos nas redes de sensores sem fios. Esta unidade curricular aborda ainda a segurança no contexto da nova Internet.*

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

*With this curricular unit, the students are expected to learn about the technologies and protocols in current and emergent networks. Knowledge on the structure of fundamental elements in the networks will be acquired by the students, along with the mechanisms to guarantee the quality of service in networks. MPLS networks will be studied as a technology that allows for the implementation of traffic engineering techniques in networks.*

*Basic concepts of cloud computing will be studied, so that the students may understand the connections between different components in order to build Data Center Networks.*

*The students will also gain knowledge on new paradigms in network management and control, namely by introducing the concept of Software Defined Networks. Finally, sensor networks will be studied, providing the students with knowledge regarding their structure and some specific issues in protocols. This curricular unit also analyses the security aspects in the new Internet.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Revisões da arquitectura TCP/IP*
2. *Da Internet à Internet das Coisas*
3. *Novas tecnologias*
4. *Novos protocolos*
5. *Qualidade de Serviço*
6. *Redes MPLS*
7. *Conceitos sobre computação na nuvem*
8. *Novos paradigmas de gestão e controlo de redes*
9. *Redes de sensores sem fios*
10. *Multicast*
11. *Segurança*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *TCP/IP model - revisions*
2. *From the Internet to the Internet of Things*
3. *New technologies*
4. *New protocols*
5. *Quality of Service*
6. *MPLS networks*
7. *Concepts of Cloud Computing*
8. *New paradigms in network management and control*
9. *Wireless Sensor Networks*
10. *Multicast*
11. *Security*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos são os ajustados para um aluno que já tem alguns conhecimentos sobre o funcionamento de redes de comunicação. O objectivo principal, que é a familiarização com tecnologias e protocolos usados nas redes atuais e emergentes, é conseguido através da lista de tópicos que consta no conteúdo programático da unidade curricular.*

*Começa-se por fazer uma análise crítica à Internet actual e futura. De seguida é descrita a estrutura de routers e comutadores, para que os alunos possam ficar a conhecer a sua arquitectura. No tópico seguinte, serão tratadas questões de QoS em redes de comunicação. O surgimento de redes baseadas em MPLS é também explorado. A computação na nuvem e construção de redes de centros de dados (DCNs – Data Center Networks) será abordada. A arquitectura e protocolos relevantes no contexto de SDN é tratado no tópico seguinte e finalmente as redes de sensores são também abordadas. São ainda estudados o multicast e a segurança.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus of this curricular unit is appropriate for a student who has already some background in the functioning of communication networks. The main goal is the acquisition of knowledge in technologies and protocols in current and emergent networks, according to the list of topics in the syllabus of this curricular unit.*

*It starts with a critical analysis of the current and future Internet. Next it presents the description of the structure of routers and switches, so that the students become familiar with their architecture. Next, some QoS issues in communication networks will be studied. MPLS networks will be studied next. The topics of cloud computing and building Data Center Networks (DCNs) will be addressed next. The architecture and relevant protocols in the context of networks where some new paradigms in network management and control are applied (e.g. Software Defined Networks – SDNs) and sensor networks will also be studied. The multicast and security are also studied.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos para*

**consolidação dos conhecimentos adquiridos.**

**Execução de trabalhos computacionais, nomeadamente de simulação, relacionados com os tópicos abordados, com eventual aprofundamento de um tema específico que resulte numa apresentação oral, seguida de discussão (na qual a participação dos alunos será apreciada).**

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*The topics of the syllabus will be presented in detail, in terms of fundamental concepts and principles, complemented by the resolution of practical exercises that will help the students in consolidating their knowledge.*

*Computational works on the different topics of the syllabus will be performed by the students, with the possibility of an in-depth study of a specific topic by the students, who will then perform an oral presentation of their work, subject to an open discussion (where the participation of the students will be valued).*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*As metodologias de ensino adoptadas nesta disciplina têm por objectivo essencial dotar os alunos com conhecimentos sobre o funcionamento de redes de comunicação actuais e emergentes, o que é conseguido através da exposição dos alunos à descrição das novas tecnologias, novos protocolos, das arquitecturas de routers e computadores, às questões de QoS e engenharia de teletráfego que levaram ao aparecimento de redes MPLS. Refira-se também o estudo da arquitectura e protocolos relevantes em redes definidas por software, o estudo de conceitos sobre computação na nuvem assim como dos aspectos mais relevantes dos protocolos em redes de sensores, que conjugados com o aprofundar desses conhecimentos através de resolução de exercícios e de trabalhos de simulação e de síntese, permitirão que os objectivos da unidade curricular sejam atingidos. Serão ainda avaliadas soluções de multicast e de segurança.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The teaching methodologies proposed in this curricular unit are appropriate to provide the students with knowledge on the functioning of current and emergent communication networks. This will be achieved by presenting descriptions of new technologies, new protocols, routers and switches architectures, QoS issues and teletraffic engineering issues that triggered the development of MPLS networks. The study of i) the architecture and relevant protocols in software defined networks; ii) concepts of cloud computing; iii) the most relevant aspects in sensor networks will also concur to achieve the goals of this curricular unit.*

*The resolution of exercises and the computational and synthesis works will strengthen the comprehension of the theoretical concepts, allowing for a better understanding of technologies in the context of communication networks. Multicast and security solutions will be also evaluated.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- O. Hersent, D. Boswarthick, and O. Elloumi, "The Internet of Things: Key Applications and Protocols", John Wiley & Sons, Dec. 2011.
- Cory Beard, William Stallings, "Wireless Communications & Networks An Interactive Approach", Pearson Education, 2015.
- J. Sá Silva, R. Silva e F. Boavida, "Redes de Sensores Sem Fios", FCA – Editora de Informática Lda., Lisboa 2016.
- W. Stallings, Data and Computer Communications, 10th edition, Pearson, 2014.
- M. Barreiros, P. Lundqvist, QoS-Enabled Networks: tools and foundations, 2nd edition, John Wiley & Sons, 2016
- Artigos sugeridos pelo professor/documents and papers suggested by the professo

### Mapa IV - Tecnologias de Conversão de Energia Eólica e Fotovoltaica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Tecnologias de Conversão de Energia Eólica e Fotovoltaica**

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

**Wind and Photovoltaic Energy Conversion Technologies**

#### 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

**ENERG**

#### 4.4.1.3. Duração:

**Semestral**

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

**162**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T:28h; TP:28h*

**4.4.1.6. ECTS:**

6

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*Sérgio Manuel Ângelo da Cruz; T:28h; TP:28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se dotar os estudantes de competências ao nível da concepção, implementação e análise do funcionamento das diferentes configurações de sistemas de conversão de energia eólica e solar fotovoltaica. Em particular, pretende-se que o estudante seja capaz de selecionar, conceber e implementar os sistemas de controlo dos diferentes tipos de geradores elétricos e conversores de eletrónica de potência usados em geradores eólicos instalados em terra e no mar, assim como em sistemas de energia solar fotovoltaica, incluindo a sua interligação à rede elétrica.*

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

*It is intended to provide students with skills in the design, implementation and analysis of the different configurations of wind and solar photovoltaic energy conversion systems. In particular, it is intended that students should be able to select, design and implement the control systems of the different types of electric generators and power electronic converters used in onshore and offshore wind generators, as well as in photovoltaic systems, including the interconnection of such systems to the grid.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução aos sistemas de conversão de energia eólica (SCEE): principais componentes de um SCEE, tipos de SCEE e códigos de rede. Conversores de eletrónica de potência usados em SCEE: requisitos dos conversores para grandes potências; conversores de dois níveis e multinível; conversores sem barramento dc. Sistemas de controlo de geradores eólicos a velocidade variável: controlo vetorial e controlo preditivo de geradores eólicos baseados em PMSGs, geradores de indução com rotor em gaiola de esquilo e geradores de indução duplamente alimentados. Controlo do conversor do lado da rede. Geradores eólicos no mar e interligação com a rede elétrica. Sistemas de conversão de energia solar fotovoltaica: painéis fotovoltaicos, esquema equivalente e conversores de eletrónica de potência usados. Controlo dos sistemas fotovoltaicos. Algoritmos para extração da máxima potência.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to wind energy conversion systems (WECS): key components of a WECS, types of WECS and grid codes. Power electronic converters used in WECS: requirements for high-power converters; two-level and multilevel converters; converters without dc bus. Variable speed wind generator control systems: vector control and predictive control of wind generators based on PMSGs, squirrel cage induction generators and doubly-fed induction generators. Control of the grid-side converter. Onshore and offshore wind power generators, and their interconnection with the grid. Photovoltaic energy conversion systems: photovoltaic panels, equivalent circuit and used power electronics converters. Control of photovoltaic energy systems. Algorithms for maximum power extraction.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Esta unidade curricular tem como objetivos de aprendizagem a aquisição de conhecimentos e de competências ao nível dos sistemas de conversão de energia eólica e solar fotovoltaica. Os conteúdos estão organizados de forma integrada, visando a apresentação dos diferentes tipos de geradores elétricos e conversores de eletrónica de potência utilizados em geradores eólicos, abordando em detalhe a concepção dos sistemas de controlo digital dos mesmos. Relativamente aos sistemas de energia solar fotovoltaica, são apresentadas as várias possibilidades de utilização dos mesmos quer de forma isolada quer interligados à rede elétrica, incluindo o estudo das topologias e sistemas de controlo dos conversores de potências utilizados, e apresentação dos algoritmos de extração da máxima potência,*

entre outros aspetos.

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*This curricular unit has as learning objectives the acquisition of knowledge and skills in the domain of wind and photovoltaic energy conversion systems. The contents are organized in an integrated way, aiming at the presentation of the different types of electric generators and power electronic converters used in wind generators, addressing in detail the design of their digital control systems. Regarding photovoltaic energy conversion systems, the various possibilities of using them either in stand-alone or connected to the grid are presented, including the study of the topologies and control systems of the associated power electronic converters, and the maximum power extraction algorithms, among other aspects.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, no quadro e com o auxílio de slides em Powerpoint, para exposição dos conceitos, princípios e teorias fundamentais sobre a matéria lecionada. Aulas teórico-práticas para resolução de exercícios ilustrativos da aplicação dos conceitos teóricos a sistemas reais do mundo da engenharia. Nestas aulas é também usado o software Matlab/Simulink para simulação do comportamento dos sistemas estudados.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical lectures in the black board and with the aid of Powerpoint slides for the presentation of the concepts, principles and fundamental theories about the topics covered in the curricular unit. Theoretical-practical classes to solve problems and exercises that illustrate the application of the theoretical concepts to real systems in the engineering world. In these classes, some Matlab/Simulink simulations are performed to simulate the behaviour of the systems under study.*

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

*Os métodos de ensino adotados procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento das suas competências técnicas específicas e pessoais. Os temas objeto de estudo são apresentados de forma expositiva nas aulas teóricas e aplicados nas aulas teórico-práticas para compreensão dos fundamentos teóricos subjacentes aos sistemas de conversão de energia eólica e solar. Os conceitos são posteriormente consolidados com o desenvolvimento e uso de modelos de simulação computacional. Estão assim criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico e em aplicar na prática os conhecimentos adquiridos.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching methods adopted are aimed at engaging students in the learning process and in their personal development, thus leading to the development of technical and personal skills. The topics covered in the unit are presented in theoretical lectures and applied in the theoretical-practical classes for the comprehension of the fundamental theory about wind and solar energy conversion systems. The concepts are consolidated later on with the development and use of computer simulation models. Hence, there are conditions for the development of competencies in problem solving, critical reasoning and application of the theoretical knowledge in practice.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*V. Yaramasu, B. Wu: "Model Predictive Control of Wind Energy Conversion Systems", IEEE Press, 2017.  
H. Abu-Rub, M. Malinowski, K. Al-Haddad: "Power Electronics for Renewable Energy Systems, Transportation and Industrial Applications", John Wiley & Sons, 2014.  
S. Chakraborty, M. Simões, W. Kramer: "Power Electronics for Renewable and Distributed Energy Systems - A Sourcebook of Topologies, Control and Integration", Springer-Verlag, 2013.  
S. Muyeen: "Wind Energy Conversion Systems: Technology and Trends", Springer-Verlag, 2012.*

**Mapa IV - Teoria da Informação e Codificação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Teoria da Informação e Codificação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Information and Coding Theory*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28;TP28****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Vítor Manuel Mendes da Silva, T:28;TP28****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Pretende-se que os alunos adquiram inicialmente uma formação básica nos domínios da teoria da informação, dos canais de comunicação e da codificação fonte sem perdas. Estes tópicos servirão de alicerce para o desenvolvimento de competências mais profundas e diversificadas no domínio da codificação de canal que é uma área decisiva na construção de todos os modernos sistemas de transmissão e armazenamento de informação.***

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

***It is intended that students first acquire a basic training in the following subjects: information theory, communication channels and lossless source coding. These topics will serve as a foundation for the development of deep and diverse expertise in the channel coding field which is an important area in the design of all modern data transmission and storage systems***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Fundamentos da teoria da informação.***
- 2. Canais de informação discretos e sem memória.***
- 3. Codificação de fonte sem perdas.***
- 4. Codificação de canal.***

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to information theory.***
- 2. Discrete and zero-memory communication channels.***
- 3. Lossless data coding.***
- 4. Channel coding.***

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

***No capítulo 1 são abordados e desenvolvidos os conceitos de informação, fonte e entropia. No capítulo 2 são introduzidos os canais de comunicação discretos e sem memória e desenvolvidas as suas principais propriedades, nomeadamente, a informação mútua entre a entrada e a saída e a sua capacidade. Como forma eficiente de utilização dos canais de comunicação, é desenvolvido no capítulo 3 o conceito de codificação (compressão) de dados sem perdas, baseado no projecto de códigos compactos. Os teoremas de codificação de Shannon e o algoritmo de Huffman são abordados com particular detalhe. No capítulo 4 são abordados os conceitos fundamentais associados à codificação de canal. Neste caso, o objectivo da codificação é combater os erros introduzidos pelos canais de comunicação através da utilização de códigos de correcção de erros. Neste campo é dada particular ênfase aos códigos lineares binários, códigos cíclicos, códigos LDPC e à descodificação iterativa.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Considering the objectives of the course, in chapter 1 is addressed and developed the concepts of information, source and entropy. Discrete and zero-memory communication channels are introduced in chapter 2 where its main properties, namely, the mutual information between the input and output and the capacity are developed. To effectively use the communication channels, is developed in chapter 3 the concept of lossless encoding (compression) based on the design of compact codes. The Shannon's coding theorems and the Huffman coding algorithm are covered with particular detail. Finally, chapter 4 covers the fundamental concepts associated with the channel coding topic. In this case, the main purpose is to combat the errors introduced by the communication channels by using error correction codes. In this field, particular emphasis is given to binary linear codes, cyclic codes, LDPC codes and iterative soft decoding.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais. Ilustração dos conceitos com a apresentação de casos de estudo que exemplifiquem a sua aplicação a situações reais.*

*Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam problemas de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico face a problemas mais complexos.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

*Theoretical classes with detailed presentation, using audio-visual means, of the concepts, principles and fundamental theories. Development of the concepts by presenting case studies that illustrate its application to real situations.*

*Theoretical-practical classes where the students, supervised by the staff member, solve practical exercises, which require the combination of different theoretical concepts and promote critical reasoning in the presence of more complex problems.*

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

*A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.*

*Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

*The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.*

*With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Thomas Cover e Joy Thomas (1991) - Elements of Information Theory, Wiley.*

*Shu Lin e Daniel Costello (2004) – Error Control Coding, Prentice Hall*

**Mapa IV - Transmissão de Informação Multimédia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Transmissão de Informação Multimédia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Multimedia Transmission*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

*TEL*

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28h; PL:28h****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Luis Alberto da Silva Cruz, T:28h; PL:28h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Esta unidade curricular permite aos alunos ficarem com conhecimentos sobre os fundamentos e as tecnologias de representação e transmissão de sinais de áudio e vídeo. A primeira secção inicia-se com um estudo de técnicas de processamento de sinais áudio para redução de redundância e terminando com aspetos específicos da codificação de áudio, incluindo o estudo de codificadores normalizados. Na segunda secção são estudadas técnicas e normas de processamento de sinal para representação e compressão de informação visual. A terceira secção aborda os problemas associados à transmissão de vídeo codificado e respetivas soluções para cenários de “streaming”, difusão e serviços conversacionais. Após este percurso formativo os formandos devem ter uma visão abrangente do funcionamento dos sistemas de transmissão de sinais multimédia, seus usos e limitações, incluindo questões relacionadas com a avaliação e garantia de qualidade de serviço de sistemas de transmissão de sinais multimédia.*

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

*The main objective of this unit is to provide the student with a reasonably complete body of knowledge on the scientific fundamentals and technologies involved in the processing and transmission of audio, speech, image and video signals. The first section deals with the perception, representation and compression of audio signals, including a study of some widespread standardized audio codecs. The second section introduces concepts about visual information perception and representation, including the methods and technologies used to compress image and video signals. The third section exposes the problems posed by the transmission of digitally encoded multimedia over state of the art links and networks in different application scenarios like streaming over IP networks, broadcasting of audio and video and videoconferencing. The evaluation and provisioning of the final perceived quality of the transmitted multimedia signals under consideration will also be discussed.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I-Codificação de áudio, II-Codificação de imagem e vídeo, III-Transmissão e difusão de sinais de áudio, vídeo, imagem e outros. IV-Tecnologias emergentes para a codificação e transmissão de sinais multimédia.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I-Audio coding, II-Image and vídeo coding, III-Transmission and broadcasting of audio, image, vídeo and other multimedia signals, IV-Emergent technologies for coding and transmission of multimédia contents.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Sendo o objectivo principal da unidade curricular o estudo do funcionamento de sistemas de comunicação de informação multimédia em que os consumidores são seres humanos, é evidente que é fundamental perceber os fundamentos dos mecanismos de percepção de sinais acústicos e visuais. Como estes sistemas de comunicação fazem uso abundante de operações de processamento de sinal especialmente adaptadas a conteúdos acústicos e visuais, é também evidente a necessidade de proceder a um estudo sistemáticos dessas operações. Dada a prevalência da*

*transmissão de sinais multimédia sobre redes (sobretudo IP), os problemas relacionados com a transmissão deste tipo de conteúdo sobre redes de dados é também de extrema importância.*

#### 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The main objective of this unit is learning how audio, video and other media data transmission systems work. Since the end users of these systems are human beings it is very important to have a basic understanding of human perception of media signals like audio and video and how the human perceptual mechanisms characteristics constrain and guide the design of multimedia representation and transmission systems. Given that these systems make use of specialized digital signal processing operations and methods for data compression a clear understanding of these systems operation is not possible without studying the signal processing methods involved. Since almost all the multimedia signal communications takes place over data networks, namely IP networks, the study of the problems and solutions for transmitting multimedia over IP packet based networks is very important.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O ensino dos tópicos que integram o programa desta unidade curricular é feito com base em aulas magistrais com e sem apoio de meios audiovisuais complementadas quando necessário por sessões de resolução de problemas simples escolhidos para melhorar o entendimento de certos tópicos. Adicionalmente existem aulas de natureza mais aplicada (laboratório) em que os alunos executam trabalhos com carácter experimental programando e testando algoritmos de compressão de sinais acústicos e de vídeo.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Teaching will be based on lectures (carried out with and without support of multimedia presenters) complemented with short problem solving sessions to further the understanding of the syllabus major topics. In addition there will be laboratory classes in which the students will have to complete practical assignments dealing mostly with the programming and testing of audio and video compression experiments.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os conhecimentos a adquirir na unidade curricular têm fundamentos de natureza teórica e incluem também informação descritiva de procedimentos normalizados para codificação e transmissão de sinais multimédia que requerem aulas do tipo magistral para serem devidamente transmitidos aos alunos. Por outro lado dada a natureza aplicada dos métodos de representação e transmissão de informação multimédia é fundamental que haja experimentação em ambiente laboratorial para consolidação dos conhecimentos transmitidos nas aulas magistrais.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*The subjects taught on this unit have a theoretical background and are embodied in a number of standardized multimedia information coding and transmission methods and procedures. This kind of knowledge is better transmitted to the students during lecturing sessions. However, since these subjects are mostly of applied nature it is important that the students perform practical experimentation in a laboratory environment to deepen their understanding of the technologies studied in the course.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- W.Chu (2003) - *Speech Coding Algorithms*, Wiley
- A. Spanias, T. Painter, V. Atti (2006) - *Audio Signal Processing And Coding*, Wiley-Interscience
- Y. Wang (2004) - *Video Processing and Communications*, Wiley
- J. Ohm (2003) - *Multimedia Communication Technology: Representation, Transmission and Identification of Multimedia Signals (Signals and Communication Technology)*, Springer
- Walter Fischer (2010) - *Digital Video and Audio Broadcasting Technology - A Practical Engineering Guide, Third Edition*, Springer
- John w. Woods (2011) - *Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding, Second Edition*, Academic Press
- William Pearlman, Amir Said (2011) - *Digital Signal Compression: Principles and Practice*, Cambridge University Press
- Murat Tekalp (2015) - *Digital Video Processing*, Prentice Hall

### Mapa IV - Visão por Computador

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Visão por Computador*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Computer Vision*

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****COMP****4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****T:28h ; PL:28h****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Helder de Jesus Araújo; T:28h ; 2x(PL:28h)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Jorge Manuel Moreira de Campos Batista; 2x(PL:28h)****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Perceber os aspectos relativos à formação geométrica e radiométrica das imagens. Aprender métodos para estimar elementos na imagem e relacioná-los com as estruturas 3D. Aprender métodos para a reconstrução 3D e para a estimação de movimento 3D.****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****Understand aspects related to the radiometric and geometric image formation. Learn methods to estimate image features and relate them to 3D structures. Learn methods for 3D reconstruction and also for the estimation of 3D motion.****4.4.5. Conteúdos programáticos:****Formação e aquisição de Imagens. Câmaras e calibração geométrica. Cor e radiometria. Filtros lineares e detecção de arestas. Textura. Segmentação. Visão Estereo. Movimento e sua projecção. Fluxo óptico. Reconstrução 3D. Visão dinâmica.****4.4.5. Syllabus:****Formation and acquisition of images. Cameras and geometric calibration. Color and radiometry. Linear filters and edge detection. Texture. Segmentation. Stereo Vision. Motion and its projection. Optical flow. 3D reconstruction. Dynamic Vision.****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:****O objectivo da disciplina é ensinar aos alunos aspectos relacionados com a extracção de informação 2D e 3D das imagens. Para isso ensinam-se aos alunos os elementos relativos à formação da imagem (radiométrica e geométrica) incluindo modelos de câmaras. Ensinam-se também filtros para melhorar as imagens e para extrair elementos tais como arestas. Ensina-se também como segmentar uma imagem. A partir daí ensinam-se métodos que permitam fazer a estimação das estruturas 3D do mundo. Ensina-se também a estimação do movimento na imagem e como relacioná-lo com o movimento 3D no mundo.****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:****The goal of the course is to teach the students aspects related to the extraction of 2D and 3D information from the**

*images. Therefore the students are taught aspects related to image formation (radiometric and geometric) including camera models. Filters for image enhancement as well as filters to extract features such as edges are also taught. Image segmentation is also taught. Next methods for the estimation of 3D world structures are taught. Image motion estimation is also taught as well as its relationship with 3D world motion.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O ensino consiste em aulas magistrais com recurso ao quadro e também à projecção de slides. A componente prática é composta pela realização de um conjunto de trabalhos computacionais.*

#### 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*the teaching methodologies include theoretical classes using both the blackboard and the projection of slides as well as practical classes where computational assignments are implemented.*

#### 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*As aulas teóricas são usadas para explicar os fundamentos técnicos e científicos dos trabalhos computacionais que são distribuídos ao longo do semestre. Os trabalhos computacionais permitem aos alunos aperceberem-se da essência dos aspectos científicos assim como da relação entre eles. Os trabalhos computacionais permitem a verificação prática dos tópicos ensinados nas aulas teóricas.*

#### 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:

*Theoretical classes are used to explain the scientific and technical foundations of the computational assignments that are assigned during the semester. The computational assignments enable the students to fully grasp the essence of the scientific topics as well as the relationships among them. The computational assignments also allow checking in practice the topics that are taught at the theoretical classes.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Computer Vision -A Modern Approach, Forsyth & Ponce, Prentice-Hall  
Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Emanuele Trucco & Alessandro Verri, Prentice-Hall  
Multiple View Geometry in Computer Vision, R. Hartley & A. Zisserman, Cambridge University Press*

## 4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

---

#### 4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:

*A Universidade de Coimbra garante o alinhamento na definição das Fichas de Unidade Curricular, de forma que os objetivos de aprendizagem, competências, métodos de ensino e avaliação sejam coerentes. O Conselho Científico analisa e valida as FUC e o Conselho Pedagógico analisa e discute estas matérias. Procura-se ainda garantir a promoção desta adequação através da análise dos resultados dos inquéritos pedagógicos e definição de ações de melhoria, quando aplicável – estes inquéritos avaliam a perceção dos estudantes sobre os resultados da aprendizagem alcançados. Adicionalmente, ainda no âmbito dos inquéritos, os comentários dos estudantes e dos docentes são analisados e classificados, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de ensino e aprendizagem e a sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos. Esta informação é utilizada pela Coordenação do ciclo de estudos e pela Direção da UO para definir e implementar melhorias.*

#### 4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

*The University of Coimbra ensures the alignment in the definition of Curricular Unit Sheets so that learning objectives, skills, teaching methods and assessment are consistent. The Scientific Council analyzes and validates the FUCs and the Pedagogical Council analyzes and discusses these matters. This adequacy is further promoted by analyzing the results of pedagogical surveys and the definition of improvement actions, where applicable - these surveys assess the students' perceptions of the learning outcomes achieved. In addition, within the scope of surveys, student comments and documents, they are analyzed and classified, allowing the identification of aspects to adjust teaching and learning methods and their suitability for learning objectives. This information is created by the Study programme Coordination and Organic Unit Directorate to define and implement improvements*

#### 4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

*A Universidade de Coimbra garante esta verificação através da análise dos inquéritos pedagógicos a outros ciclos de estudo com unidades curriculares análogas, sendo solicitado a estudantes e docentes que avaliem a adequação da carga de esforço exigida (ligeira, adequada, moderadamente pesada ou excessiva).*

**4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:**

*The University of Coimbra ensure this verification through the analysis of pedagogical surveys to other study cycles with similar curricular units, and students and professors are asked to evaluate the adequacy of the required effort load (light, adequate, moderately heavy or excessive).*

**4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os docentes definem a avaliação de acordo com os objetivos de aprendizagem das unidades curriculares que coordenam, considerando os objetivos gerais do curso. Estes aspetos, bem como a adequação da avaliação aos objetivos encontram-se definidos na ficha da unidade curricular (FUC), que é analisada e validada pelo Conselho Científico. A verificação desta coerência é feita em reuniões com o corpo docente e discente e reuniões do Conselho Pedagógico, permitindo a identificação de aspetos a ajustar nas metodologias de avaliação e a sua adequação aos objetivos de aprendizagem definidos. Para além destes mecanismos institucionais, a coordenação do MEEC promove regularmente um contacto mais próximo com a secção de Pedagogia do Núcleo de Estudantes para identificar eventuais problemas de desadequação entre a avaliação e os objetivos de aprendizagem e desenhar soluções para os mitigar.*

**4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**

*Professors define the assessment according to the learning objectives of the coordinating units, considering the general objectives of the course. These aspects, as well as the adequacy of the evaluation to the objectives are defined in the course unit form (FUC), which is analyzed and validated by the Scientific Council. This consistency is verified in meetings with faculty and students and meetings of the Pedagogical Council, allowing the identification of aspects to be adjusted in the evaluation methodologies and their suitability to the defined learning objectives. In addition to these institutional mechanisms, the coordination of the MEEC promotes regularly meetings with the Pedagogical Section of the Student Association to identify possible problems regarding the mismatch between assessment methodologies and learning outcomes and design solution to solve them.*

**4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**

*A inserção e participação dos estudantes em atividades científicas é concretizada de forma faseada, começando ao nível das diversas unidades curriculares do mestrado com elevada componente laboratorial e experimental. Esta formação é complementada com a realização de uma dissertação de mestrado, com elevada componente científica, que é normalmente realizada em contexto de projetos científicos em curso em centros de I&D ou em empresas. A estreita interligação do DEEC-FCTUC aos centros de I&D a si associados, assegura em pleno a inserção dos estudantes em atividades de investigação e desenvolvimento tecnológico.*

*A adequada integração dos estudantes neste contexto é assegurada mediante o recurso a metodologias de ensino baseadas em tutoria e orientação científica, frequentemente realizada em contextos de equipas multidisciplinares, sendo supervisionada por docentes doutorados e com créditos reconhecidos em atividades de orientação científica e coordenação de projetos.*

**4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):**

*The insertion and participation of students in scientific activities is carried out in a phased manner and in different stages, starting at the level of the curricular units, most of them including a high laboratory and experimental component. This is complemented with the realization of a Master's dissertation, with a high scientific component, which is usually done in the context of scientific projects underway at R&D centers or in companies. The close links between the DEEC-FCTUC and the four associated R&D units recognised by FCT, ensures the full integration of students into research and technological development activities.*

*The proper integration of students in this context is ensured through the use of teaching methodologies based on mentoring and scientific guidance, often carried out in multidisciplinary team contexts, supervised by career faculty staff with recognised credits in scientific guidance and project coordination activities.*

**4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos****4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:**

*O mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores totaliza 120 créditos com uma duração de quatro semestres, cumprindo o previsto no artigo 9º do Decreto-Lei nº 74/2006, na sua redação atual. A atribuição do número de créditos a cada unidade curricular foi efetuada tendo por base a experiência acumulada na lecionação das diversas unidades curriculares dos cursos atualmente oferecidos nos departamentos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – FCTUC, tendo em atenção as boas práticas de instituições de referência de ensino universitário do espaço europeu na mesma área, boas práticas essas refletidas no documento interno da FCTUC “Aplicação do novo sistema de créditos ECTS aos cursos da Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2/05/2006”.*

4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:

*The master degree in Electrical and Computers Engineering comprises 120 credits with a duration of four semesters, fulfilling the provisions of article 9 of Decree-Law no. 74/2006, in its current wording. The assignment of the number of credits to each curricular unit was made based on the accumulated experience in the teaching of the various curricular units of the degrees currently offered in the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra - FCTUC departments, taking into account the good practices of European educational institutions of reference in the same area, which are reflected in the internal document of the FCTUC "Application of the new system of ECTS credits to the courses of the Faculty of Sciences and Technology, 2/05/2006."*

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

*O cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares teve por base a experiência e o conhecimento dos docentes envolvidos nesta proposta, resultantes das edições anteriores de cursos relacionados e de outros cursos ministrados nos departamentos da FCTUC. Optou-se pela equivalência de 1 ECTS a cada 27 horas efetivas de trabalhos por parte dos alunos, tal como proposto no artigo 4º do «Regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos Curriculares aos Cursos da Universidade de Coimbra».*

*O número de ECTS atribuídos a cada unidade curricular foi definido tendo por base as linhas de orientação estabelecidas pelo Decreto Lei Nº 42/2005 (Princípios reguladores de instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior), as discussões ocorridas nos órgãos científicos e pedagógicos da FCTUC e do DEEC e a experiência acumulada na implementação destas diretrizes em cursos de áreas semelhantes.*

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

*The calculation of the number of ECTS credits of each curricular unit was based on the experience and knowledge of the professors involved in the proposal, resulting from previous editions of related degrees and other degrees in the FCTUC departments. The choice of an equivalence of 1 ECTS for each 27 effective hours of work by the students, is proposed in article 4 of the «Regulations for the Application of the Curricular Credit System to the Courses of the University of Coimbra».*

*The number of ECTS assigned to each curricular unit was defined based on the guidelines established by Decree Law No. 42/2005 (Regulating principles of instruments for the creation of the European Area of Higher Education), by discussions held in the scientific and educational bodies of the FCTUC and at the DEEC, and the experience accumulated in the implementation of these guidelines in courses in similar areas.*

## 4.7. Observações

---

### 4.7. Observações:

*A estrutura curricular do curso, bem como as metodologias de ensino e de avaliação propostas, beneficiou de forma significativa da experiência acumulada da Universidade de Coimbra e dos seus docentes na lecionação de cursos de engenharia. Para tal, muito contribuiu a experiência do DEEC na lecionação do Mestrado integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MiEEC), curso do qual emerge esta proposta de mestrado.*

*Dada a natureza do curso de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e os objetivos formativos a ele associados, as unidades curriculares deste 2º ciclo de estudos apresentam uma forte componente laboratorial e de projeto, requerendo do aluno uma considerável componente de auto-aprendizagem e uma carga de esforço fora das horas de contacto estritas das unidades curriculares, as quais requerem uma atitude proativa para a resolução de desafios próxima da que o futuro engenheiro encontrará na sua prática profissional. Esta carga de esforço a ser exigida aos alunos está intimamente ligada ao universo de conhecimentos de que são possuidores e da sua capacidade para transportar esses conhecimentos de forma autónoma para a resolução dos problemas propostos nas unidades curriculares. Este aspecto acrescenta uma complexidade adicional à identificação da carga de esforço das unidades curriculares e a sua adequada distribuição temporal ao longo do semestre. Torna também mais exigente a exacta identificação das horas de trabalho que os alunos efetivamente dedicam a cada unidade curricular, que não deveria ultrapassar as 162 horas, exigindo dos órgãos competentes uma constante adequação da carga de esforço a exigir aos alunos, sem nunca comprometer os objetivos formativos do curso.*

*Esta análise será realizada em permanência pelos órgãos colegiais responsáveis pela pedagogia, tendo como objetivo analisar, discutir e promover metodologias de ensino mais eficientes e orientadas ao sucesso dos alunos na sua aprendizagem. No final de cada ano letivo, a carga efetiva de trabalho de cada unidade curricular será aferida e reavaliada tendo por base os resultados dos inquéritos pedagógicos realizados a alunos e docentes pela Universidade de Coimbra e a realização de Jornadas Pedagógicas departamentais, realizadas em parceria com os estudantes, para além dos mecanismos existentes de diálogo permanente com a Secção de Pedagogia do Núcleo de Estudantes. Com base nesta análise, serão revistas para o ano letivo seguinte as cargas de trabalho e os processos de avaliação de todas as unidades curriculares. Coloca-se particular ênfase na análise de eventuais desvios em termos de taxa de*

**sucesso das unidades curriculares, bem como na análise da carga de esforço exigida nas diversas unidades curriculares, monitorizando a conformidade dos ECTS de cada disciplina com o total de horas de trabalho associado.**

#### 4.7. Observations:

**The degree's curricular structure, as well as the proposed teaching and assessment methodologies, benefited significantly from the accumulated experience of the University of Coimbra and its professors in the teaching of engineering courses. To this end, DEEC's experience in teaching the Integrated Master in Electrotechnical and Computer Engineering (MiEEC) contributed greatly, a degree from which this master's proposal emerges. Given the nature of the master's degree in Electrical and Computer Engineering and the training objectives associated with it, the curricular units of this 2nd cycle of studies present a strong laboratory and project component, requiring from the student a considerable component of self-learning and an effort load outside the strict contact hours. This burden required from the students is closely linked to the body of knowledge they possess and their ability to use this knowledge autonomously to solve the problems proposed in the curricular units, thus requiring a proactive attitude to solve challenges akin to the one that the future engineer will find in its professional practice. This aspect adds additional complexity to identifying the effort load of the topics and their appropriate temporal distribution over the semester. It also makes more demanding the exact identification of the working hours that the students actually devote to each curricular unit, which should not exceed 162 hours, thus requiring from the competent bodies a constant adjustment of the effort load to the students, without ever compromising the formative objectives. This analysis will be carried out permanently by the collegiate bodies responsible for the pedagogy, including with the Pedagogical Section of the Students Association, which will aim to analyze, discuss and promote more efficient teaching methodologies oriented to the success of students in their learning. The analysis may lead to the revision of the work loads for the next academic year, including the assessment methods. Particular emphasis is placed on the analysis of eventual deviations in terms of success rate of the curricular units and also on the analysis of the effort load required in the various curricular units by monitoring the compliance of the ECTS of each curricular unit with the total hours of work associated.**

## 5. Corpo Docente

### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

#### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

**Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista, Professor Associado com nomeação definitiva**  
**Paulo José Monteiro Peixoto, Professor Auxiliar com nomeação definitiva**  
**Humberto Manuel Matos Jorge, Professor Auxiliar com nomeação definitiva**  
**Maria do Carmo Raposo de Medeiros, Professora Associada com nomeação definitiva**

### 5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

#### 5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação / Information
Sérgio Manuel Ângelo da Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Cristiano Premebida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica, especialização em instrumentação e controlo	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Pedro de Almeida Barreto	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica - Automação e Controlo	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Fernando Manuel dos Santos Perdigão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica, especialidade de Instrumentação e Controlo	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo José Monteiro Peixoto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Urbano José Carreira Nunes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Paulo Jorge Carvalho Menezes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica e de Computadores - Especialidade Informática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Paulo Pinto da Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Tony Richard de Oliveira de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica (especialidade de Optimização e Teoria dos Sistemas)	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Hélder de Jesus Araújo	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Gabriel Falcão Paiva Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Eletrónica e Telecomunicações	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Electrical Engineering, specialisation on Instrumentation and Control	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Alberto da Silva Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Teresa Martinez dos Santos Gomes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica (Especialidade de Telecomunicações e Electrónica)	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rita Cristina Girão Coelho da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica, especialidade de Telecomunicações e Electrónica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica (Especialidade de Telecomunicações e Electrónica)	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Sistemas de Energia	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Alexandre de Matos Araújo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jaime Baptista dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica na área dos Ultrassons	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mário João Simões Ferreira dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Materiais e Campo Electromagnético	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
André Manuel dos Santos Mendes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Marco Alexandre Cravo Gomes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Humberto Manuel Matos Jorge	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Sistemas de Energia	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria do Carmo Raposo de Medeiros	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mahmoud Tavakoli	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Electrical Engineering	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Manuel Soares Moura	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotecnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Lino José Forte Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Manuel Miranda Dias	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Engenharia Electrotecnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Pedro Duarte Cortesão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Controlo e Instrumentação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Miguel Sá Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Informática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Fernando José Teixeira Estêvão Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Nuno Miguel Mendonça da Silva Gonçalves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vítor Manuel Mendes da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Telecomunicações e Electrónica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ernesto Jorge Fernandes Costa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Nuno António Marques Lourenço	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências e Tecnologias da Informação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
				<b>3800</b>	

<sem resposta>

#### 5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

##### 5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

###### 5.4.1.1. Número total de docentes.

38

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

38

##### 5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

###### 5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.\* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.\*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	38	100

##### 5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

###### 5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor\* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD\*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	38	100

##### 5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

###### 5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	37	97.368421052632
		38

Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme 0 0 38

#### 5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

##### 5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	37	97.368421052632	38
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0	38

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

##### 5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra”. A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.*

*O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.*

*Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.*

##### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “UC’s Regulation for Teacher Performance Evaluation”. This regulation establishes the mechanisms to identify the teacher performance goals for each evaluation period. It clearly states the institution’s vision across its different levels and simultaneously outlines a clear reference board to value the teachers’ activities with the goal of improving their performance. At UC teachers’ performance evaluation is carried out over three-year periods and takes into account four pillars: research; teaching; knowledge transfer and enhancement; university management and other tasks.*

*Before a new evaluation cycle, each OU identifies for its subject areas a set of parameters that define the new teacher performance goals and their components, thus ensuring the continuous updating of this process.*

##### 5.6. Observações:

*O corpo docente envolvido no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é constituído na sua totalidade por professores doutorados, quase todos com nomeação definitiva, contabilizando-se um universo de 38 docentes a tempo integral na instituição, correspondendo a um total de 38 docentes ETI. O corpo docente é totalmente adequado às necessidades científicas e pedagógicas do curso, apresenta uma excelente qualificação académica e científica e assegura uma estabilidade total. Contudo, é necessário iniciar a curto prazo a necessária e desejada renovação e rejuvenescimento do corpo docente, nomeadamente através da contratação de jovens doutores em áreas de conhecimento que se identifiquem como basilares na formação avançada e especializada dos mestres em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do futuro.*

##### 5.6. Observations:

*The faculty involved in the Master’s degree in Electrical and Computer Engineering consists entirely of professors with a PhD degree, mostly with tenure, accounting for a total of 41 full-time professors at the institution, corresponding to a total of 39 ETI professors. This faculty staff is fully suited to the scientific and pedagogical needs of this degree, has excellent academic and scientific qualifications and ensures total stability. However, it is necessary to start in the short term the necessary and desired renewal and rejuvenation of the faculty, namely through the hiring of young PhDs in*

*areas of knowledge identified as fundamental in the advanced and specialized formation of the masters in Electrical and Computer Engineering of the future.*

## 6. Pessoal Não Docente

6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.  
*8 efetivos de pessoal não docente afeto a 33.75% (media) do tempo para o ciclo de estudos.*

*Mestrado : 1 (60%)*

*Licenciatura : 1 (35%) + 1 (35%) + 1 (30%)*

*12º ano : 1 (50%) + 1 (20%) + 1 (20%)*

*5ºano : 1 (20%)*

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.  
*8 units of non-teaching staff affected 33.75% (average) of the time for the study cycle.*

*Master : 1 (60%)*

*Batchelor : 1 (35%) + 1 (35%) + 1 (30%)*

*High-School : 1 (50%) + 1 (20%) + 1 (20%)*

*Basic-School : 1 (20%)*

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

- *1 efectivo possui o 5ºano de escolaridade;*
- *3 efetivos possuem o 12ºano de escolaridade;*
- *3 efetivos possuem licenciatura;*
- *1 efetivo possui mestrado;*

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

- *1 non-academic staff has a basic-school (5º) grade;*
- *3 non-academic staff have a high-school (12º) grade ;*
- *3 non-academic staff have a Batchelor degree ;*
- *1 non-academic staff has a Master Degree;*

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*A Universidade de Coimbra garante uma avaliação do desempenho do seu pessoal não docente de acordo com o disposto na lei que rege o SIADAP que adotou o método de gestão por objetivos, estabelecendo uma avaliação do desempenho baseada na confrontação entre objetivos fixados e resultados obtidos. O processo de avaliação é bienal e concretiza-se: em reuniões com o avaliador, superior hierárquico imediato, para negociação e contratualização dos objetivos anuais e para comunicação dos resultados da avaliação; e no preenchimento de um formulário de avaliação. A avaliação visa identificar o potencial de desenvolvimento do pessoal e diagnosticar necessidades de formação. Para a aplicação do SIADAP, o processo é supervisionado pela Comissão Paritária e pelo Conselho Coordenador da Avaliação.*

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

*The University of Coimbra guarantees an assessment of the performance of its non-teaching staff in accordance with the law governing SIADAP which adopted the management method according to objectives, establishing a performance assessment based on the comparison between the set of objectives established and results obtained. The evaluation process is biennial and is implemented: in meetings with the evaluator, immediate superior, to negotiate and contract the annual objectives and to communicate the results of the evaluation; and completing an evaluation form. The evaluation aims to identify staff development potential and to diagnose training needs. For the implementation of SIADAP, the process is overseen by the Joint Committee and the Evaluation Coordinating Council.*

## 7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de

computadores, etc.):

*A quase totalidade da atividade do ciclo de estudos terá lugar no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC), onde partilhará com os restantes ciclos de estudo da responsabilidade do DEEC os espaços disponíveis. As instalações físicas afetas ao ciclo de estudo incluem:*

- 7 salas de aulas;
- 4 Anfiteatros;
- 2 Salas para Avaliações;
- 16 Laboratórios (6 x Lab. Informática, 8 x Lab. Temáticos, 2 x Lab. Multidisciplinares);
- 3 Salas de Estudo;
- 3 Salas de Reunião;
- 3 Salas para órgãos de estudantes (clube robótica, BEST, NEEEC);
- Sala de Convívio de estudantes e Bar;
- Secretaria;
- Reprografia;
- Biblioteca do Pólo II da UC, localizada a 100m do DEEC;

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

*Almost all of the study cycle activity will take place at the Department of Electrical and Computer Engineering, where it will share with the remaining study cycles under the responsibility of DEEC the available spaces, including:*

- 7 classrooms;
- 4 Amphitheaters;
- 2 Exams Rooms;
- 16 Laboratories (6 x Computer Lab, 8 x Thematic Lab, 2 x Multidisciplinary Lab);
- 3 Study Rooms;
- 3 Meeting Rooms;
- 3 Student Organ Rooms (Robotic club, BEST, NEEEC);
- Student lounge and bar;
- Secretariat;
- Reprographics;
- UC Pole II Library, located 100m from DEEC;

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

*Data Center:*

- 27 circuitos de alimentação, max. de 100A;
- 8 UPS ( 20.000VA);
- 2 AC (40.000 BTU);
- 8 Switches, total de 216 portas, 1Gbps e 10Gbps, tecnologia de cobre e fibra ótica;
- 8 bastidores de piso em fibra ótica, com caminhos redundantes;
- 55 servidores físicos e 43 servidores virtuais;
- Mais de 150 cores de CPU e mais 1TB de RAM distribuídos por servidores;
- 2 Sistemas Storage, + 24 TB;

*110 PCs;*

*20 PCs com Placas Gráficas GTX1050TI*

*55 Lab. Kits de lógica programável*

*8 Lab. Kits de processamento de sinal*

*12 Lab Kits de sistemas de telecomunicações*

*5 Lab Kits diversos*

*16 Analisadores lógicos*

*26 Analisadores e medidores de energia*

*12 Sensores e medidores de pressão, temperatura, campo EM, etc.*

*30 Plataformas móveis didáticas*

*9 Sistemas de aquisição de dados e sinais*

*20 Autómatos*

*1 Máquina de prototipagem de PCB/ PCB*

*1 Estação e forno de soldar PCB*

*140 Multímetros;*

*54 Osciloscópios;*

*50 Fontes de tensão e geradores de sinal;*

*25 x Placas Altera*

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

*Data Center:*

- 27 power supply circuits, max of 100A;

- 8 UPS (20,000VA);
- 2 AC (40,000 BTU);
- 8 switches, total of 216 ports, 1Gbps and 10Gbps, copper and fiber optic technology;
- 8 fibre optic racks, with redundant paths;
- External fiber optic connection, total of 10Gbps bandwidth;
- 55 physical servers and 43 virtual servers;
- More than 150 CPU colors and 1TB more RAM distributed across different servers;
- 2 storage systems, +24TB;
- 110 PCs
- 20 PCs with GTX1050TI graphic processing cards
- 55 Programmable Logic Lab Kits
- 8 Signal Processing Lab Kits
- 12 Telecommunication Systems Lab Kits
- 5 Other Lab Kits
- 16 Logic Analyzers
- 26 Power Analyzers & Meters
- 12 Sensors and pressure gauges, temperature, EM field, etc.
- 30 Various Didactic Mobile Platforms
- 9 Signal and Data Acquisition Systems
- 20 Automata
- 1 PCB / PCB Prototyping Machine
- 1 PCB Soldering Station and Oven
- 140 Multimeters;
- 54 Oscilloscopes;
- 50 voltage sources and signal generators;
- 25 Altera Boards

## 8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.

### 8.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

#### 8.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research centre(s) in the area of the study programme where teaching staff develops its scientific activity

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Classification FCT	IES / HEI	N.º de docentes do CE integrados / Number of study programme teaching staff integrated	Observações / Observations
ISR-Coimbra	Excelente	UC	16	- Lino José Forte Marques - Manuel Marques Crisóstomo - Fernando José Teixeira Estêvão Ferreira - Rui Paulo Pinto da Rocha - António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra - Pedro Manuel Soares Moura - Jorge Nuno de Almeida e Sousa Almada Lobo - Paulo Jorge Carvalho Menezes - Tony Richard de Oliveira de Almeida - João Pedro Almeida Barreto - Nuno Miguel Mendonça da Silva Gonçalves - Jorge Manuel Miranda Dias - Jorge Manuel Moreira de Campos Batista - Rui Pedro Duarte Cortesão - Rui Alexandre de Matos Araújo - Cristiano Premebida
IT	Muito Bom	UC	8	- Maria do Carmo Raposo de Medeiros - Marco Alexandre Cravo Gomes - Vítor Manuel Mendes da Silva - Fernando Manuel dos Santos Perdigão - Luís Alberto da Silva Cruz - Gabriel Falcão Paiva Fernandes - Sérgio Manuel Ângelo da Cruz - André Manuel dos Santos Mendes
INESC-Coimbra	Bom	UC	6	- Humberto Manuel Matos Jorge - Rita Cristina Girão Coelho da Silva - Teresa Martínez dos Santos Gomes - Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes - Lúcia Maria dos Reis Albuquerque Martins - Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes
CEMMPRE	Excelente	UC	3	- Jaime Baptista dos Santos - Pedro Manuel Gens de Azevedo de Matos Faia - Mário João Simões Ferreira dos Santos
CISUC	Excelente	UC	3	- Jorge Miguel Sá Silva - Ernesto Jorge Fernandes Costa - Nuno Lourenço

## Pergunta 8.2. a 8.4.

**8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.**

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/92d766b3-f81c-f31b-539e-5e99da6f4030>

**8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:**

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/92d766b3-f81c-f31b-539e-5e99da6f4030>

**8.4. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos.**

*A equipa docente deste ciclo de estudos está envolvida ativamente num enorme número de projetos de investigação e de consultoria especializada a empresas. Entre os vários centros de investigação a que estão afetos, contam-se mais de uma centena de projetos em curso ou recentemente terminados, muitos deles envolvendo cooperação internacional e/ou participação da indústria, nomeadamente empresas nacionais com forte presença no tecido empresarial português, como a Imprensa Nacional Casa da Moeda, a EDP, a Brisa Inovação e Tecnologia, a Siemens, a ABB, a Altice Labs, a Prozis Tech, etc.*

*Em termos de parcerias institucionais, a Universidade de Coimbra (UC) tem ao dispor dos seus estudantes e docentes diversos protocolos de estímulo à mobilidade para estudos, formação ou estágios curriculares e profissionais em instituições nacionais e estrangeiras de ensino superior. Em particular:*

- *O novo Programa Erasmus+ permite três períodos de mobilidade, correspondentes a cada um dos ciclos de estudos: Bacharelato/Licenciatura, Mestrado e Doutoramento. Cada mobilidade pode ter uma duração até 12 meses.*
- *Os programas Erasmus Mundus, financiados pela Comissão Europeia, promovem a cooperação institucional no domínio do ensino superior entre a União Europeia e países terceiros, através de cursos completos de mestrado.*
- *O programa BRASIL, o programa MAUI/Rede de Utrecht, o Programa AEN/Rede de Utrecht e o programa China.*

*Estas parcerias trazem à UC um número significativo de docentes, alunos e investigadores externos, fornecendo aos alunos um contexto internacional de aprendizagem.*

*São de referir ainda a nível de parcerias científicas relevantes para o ciclo de estudo, a existência de um “GPU Research Center” certificado pela NVIDIA no IT-UC, um dos institutos de investigação associados ao DEEC.*

**8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.**

*The teaching staff of this study cycle are actively involved in a vast number of research and specialized consulting projects. In the research centers in which the professors collaborate, they have been involved in more than a hundred active or recently completed projects, many involving international cooperation and / or industry participation, namely national companies with a strong presence in the Portuguese business universe, such as the National Press Casa da Moeda, EDP, Brisa Inovação e Tecnologia, Siemens, ABB, Altice Labs, Prozis Tech, etc.*

*In terms of institutional partnerships, the University of Coimbra (UC) offers its students and professors several opportunities for mobility for studies, training or internships in Portugal and abroad. In particular:*

- *The new Erasmus + Program allows three periods of mobility, corresponding to each of the study cycles: Bachelor / Degree, Master and Doctorate. Each mobility can last up to 12 months.*
- *Erasmus Mundus programs, funded by the European Commission, promote institutional cooperation in the field of higher education between the European Union and third countries through full master courses.*
- *The BRAZIL program, the MAUI / Utrecht Network program, the AEN / Utrecht Network program and the China program.*

*These partnerships bring to UC a significant number of faculty, students and external researchers, providing students with an international learning context.*

*It is also worth mentioning in terms of scientific relevance to the study cycle is the existence of an NVIDIA-certified “GPU Research Center” at IT-UC, one of the DEEC-associated research institutes.*

## 9. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

**9.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclo de estudos similares com base em dados oficiais:**

*A informação recolhida na plataforma da DGES relativa à empregabilidade de graduados em ciclos de estudo similares não é estatisticamente relevante uma vez que, até à data, a globalidade dos cursos em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores nas escolas de referência configuram ciclos de estudos integrados.*

**Analisando a empregabilidade no curso de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, do qual emerge esta proposta de 2º ciclo de estudos, os dados disponíveis na plataforma de DGES referem uma percentagem de 1.6% de recém-diplomados registados no IEFP como desempregados, um valor em sintonia com os 1.5% de recém-diplomados registados a nível nacional para a mesma área de formação.**

**9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:**

**The information collected on the DGES platform regarding the employability of graduates from similar study cycles is not statistically relevant since the all the degrees in Electrical and Computer Engineering in the reference schools are integrated study cycles.**

**Analyzing the employability of the Integrated Master degree in Electrical and Computer Engineering of the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra, from which this proposal of 1st cycle of studies emerges, the data available on the DGES platform refer to a percentage of 1.6% of recent graduates registered at IEFP as unemployed, in line with the 1.5% of newly graduated nationally registered in the same area of training.**

**9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):**

**Os dados fornecidos pela DGES para o período 2014-2017 indicam que para ciclos de estudo similares, a capacidade de atrair estudantes tem aumentado de forma sustentada. Não sendo possível recolher informação para o ciclo de estudo nas escolas de referência, dada a natureza integrada dos seus ciclos de estudo nas áreas equivalentes, nas escolas onde é possível identificar cursos de mestrado (ex. ISEP), o número de alunos inscritos no curso cresceu de 233 em 2014/15 para 298 em 2017/18, um crescimento de aproximadamente 28% para o período de três anos. Em contraciclo com este crescimento, estão os cursos de mestrado apenas em Engenharia Eletrotécnica, onde se verifica um decréscimo de atratividade em escolas como o ISEL e o ISEC.**

**9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):**

**Data provided by DGES for the 2014-2017 period indicate that for similar study cycles, i.e., Masters (2nd Cycle) courses in Electrical and Computer Engineering, the ability to attract students has steadily increased. It is not possible to collect information for the study cycle in the reference schools, given the integrated nature of their study cycles in the equivalent areas. In the schools where it is possible to identify master courses (2nd cycle) in electrical and computer engineering (ex. ISEP), the number of students enrolled in the course grew from 233 in 2014/15 to 298 in 2017/18, i.e. a growth of approximately 28% over the three-year period. Against this trend are the master courses in Electrical Engineering only, where there is a decrease in attractiveness in schools such as ISEL and ISEC.**

**9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:**

**O Programa Almeida Garrett é um programa de mobilidade interna de estudantes do ensino superior público universitário, visando promover a qualidade e reforçar a dimensão Nacional do Ensino Superior.**

**No quadro da mobilidade de estudantes, o Programa Almeida Garrett oferece a possibilidade de efetuar um período de estudos, com pleno reconhecimento académico, numa universidade pública portuguesa, nomeadamente:**

- Universidade dos Açores
- Universidade de Aveiro
- Universidade do Algarve
- Universidade da Beira Interior
- Universidade de Évora
- Universidade de Lisboa
- Universidade da Madeira
- Universidade do Minho
- Universidade Nova de Lisboa
- Universidade do Porto
- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
- ISCTE

**9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:**

**The Almeida Garrett Program is an internal mobility program for university public higher education students, aiming to promote quality and reinforce the National dimension of Higher Education.**

**Within the framework of student mobility, the Almeida Garrett Program offers the possibility to undertake a period of study, with full academic recognition, in a Portuguese public university, namely:**

- University of Azores
- University of Aveiro
- University of Algarve
- University of Beira Interior
- University of Évora
- University of Lisbon

- University of Madeira
- University of Minho
- New University of Lisboa
- University of Porto
- University de Trás-os-Montes e Alto Douro
- ISCTE

## 10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

- *Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Eletrónica, EPFL-L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*  
<https://www.epfl.ch/education/master/programs/electrical-and-electronic-engineering/>
- *Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Tecnologias da Informação, ETH Zurich*  
<https://ethz.ch/en/studies/prospective-masters-degree-students/masters-degree-programmes/engineering-sciences/master-electrical-engineering-and-information-technology.html>
- *Mestrado em Engenharia de Computadores, TU Delft, Holanda*  
<https://www.tudelft.nl/en/education/programmes/masters/computer-engineering/msc-computer-engineering/>
- *Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, KU Leuven, Bélgica*  
<https://eng.kuleuven.be/en/study/initial-masters/master-electrical-engineering>
- *Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Tecnologias da Informação, Universidade Técnica de Darmstadt*  
[https://www.tudarmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot\\_studiengaenge/studiengang\\_184128.en.jsp](https://www.tudarmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot_studiengaenge/studiengang_184128.en.jsp)

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

- *Master in Electrical and Electronic Engineering, EPFL-L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*  
<https://www.epfl.ch/education/master/programs/electrical-and-electronic-engineering/>
- *Master in Electrical Engineering and Information Technology, ETH Zurich*  
<https://ethz.ch/en/studies/prospective-masters-degree-students/masters-degree-programmes/engineering-sciences/master-electrical-engineering-and-information-technology.html>
- *Master in Computers Engineering, TU Delft, Netherlands*  
<https://www.tudelft.nl/en/education/programmes/masters/computer-engineering/msc-computer-engineering/>
- *Master of Electrical Engineering, KU Leuven, Belgium*  
<https://eng.kuleuven.be/en/study/initial-masters/master-electrical-engineering>
- *Master in Electrical Engineering and Information Technology, TU of Darmstadt, Germany*  
[https://www.tudarmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot\\_studiengaenge/studiengang\\_184128.en.jsp](https://www.tudarmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot_studiengaenge/studiengang_184128.en.jsp)

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*O ciclo de estudos proposto tem uma duração e estrutura semelhantes a ciclos de estudos existentes em Instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior, bem como em Instituições de referência nacionais. Os objetivos de aprendizagem em termos de conhecimento, aptidões e competências são análogos podendo haver algumas diferenças que se justificam pela especificidade do corpo docente afeto a esta proposta em algumas áreas de especialização/aplicação.*

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*The proposed study cycle is similar in duration and structure to existing study cycles in European Higher Education Area reference institutions as well as in national reference institutions. The learning objectives in terms of knowledge,*

*skills and competences are analogous and there may be some differences that are justified by the specificity of the faculty regarding this proposal in some areas of specialization / application.*

## 11. Estágios e/ou Formação em Serviço

### 11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

---

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:  
<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):  
<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).  
<sem resposta>

### 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:  
<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:  
<no answer>

### 11.4. Orientadores cooperantes

---

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).  
<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
----------------	--	--	--	--

<sem resposta>

## 12. Análise SWOT do ciclo de estudos

### 12.1. Pontos fortes:

- Forte motivação e competência do corpo docente para responder às necessidades de formação avançada em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
- Imagem e credibilidade internacionalmente consagrada da Universidade de Coimbra
- Corpo docente com uma vasta experiência de lecionação em todas as áreas de especialização do curso
- Apostar na qualidade do processo de ensino/aprendizagem e na avaliação;
- Corpo docente com uma relevante participação em projetos de investigação fundamental e aplicada ligados às áreas do curso;
- Corpo docente que desenvolve investigação de excelência nas áreas da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores;
- Forte simbiose com as Unidades de I&D associadas ao DEEC-FCTUC (CEMMPRE, ISR-Coimbra, INESC Coimbra e IT-Coimbra) em termos da partilha de recursos humanos e materiais, possibilitando elevado envolvimento dos alunos em investigação científica de ponta.
- Infraestruturas, quer físicas quer tecnológicas, de elevada qualidade;
- Capacidades para desenvolver um espectro alargado de competências para o prosseguimento de estudos para o 3º ciclo (Doutoramento) e/ou para a prática profissional em indústrias de elevada exigência técnica e científica.
- Nível de atratividade de Estudantes Internacionais.
- Plano de estudos estruturado em especializações, com diversas opções, permitindo ao estudante definir percursos diferenciados e/ou complementares.

### 12.1. Strengths:

- Strong motivation and competence of the faculty staff to respond to advanced training needs in Electrical and Computer Engineering.
- Faculty with extensive teaching experience in all areas of specialization offered in this degree;
- Quality in teaching / learning and assessment;
- Teaching staff with relevant and recognized participation in fundamental and applied research projects related to the intervention area of the degree;
- Development of research excellence in the areas of Electrical and Computer Engineering;
- Strong symbiosis with the R&D Units associated with DEEC-FCTUC (CEMMPRE, ISR-Coimbra, INESC-Coimbra and IT-Coimbra) in terms of sharing of human and material resources, enabling high involvement of students in cutting-edge scientific research.
- High quality of physical and technological infrastructures;
- Capability to develop a broad spectrum of skills for further studies for the 3rd cycle (PhD) and for professional practice in industries requiring high technical and scientific expertise.
- Level of attractiveness of International Students.
- Study plan structured in specializations, with several options, allowing the student to define different and / or complementary paths.

### 12.2. Pontos fracos:

- Escassez de pessoal técnico qualificado para apoio a laboratórios didáticos.
- Insuficiente divulgação do alargado universo de áreas de intervenção do curso e insuficiente dinâmica de captação de candidatos.
- Inexistência de parcerias formativas com escolas internacionais e nacionais de referência nas áreas de especialização do curso.
- Baixa mobilidade de alunos e docentes, fundamentalmente ao nível dos programas de mobilidade internacional.
- Reduzido número de laboratórios didáticos multidisciplinares com acesso alargado.

### 12.2. Weaknesses:

- Shortage of qualified technical staff to support didactic laboratories.
- Insufficient dissemination of the wide universe of intervention areas of the degree and insufficient dynamics in attracting candidates.
- Absence of training partnerships with international and national reference schools in the areas of specialization of the course.

- *Low mobility of students and teachers, mainly in terms of international mobility programs.*
- *Reduced number of multidisciplinary didactic laboratories with extended access.*

### 12.3. Oportunidades:

- *Curso de engenharia em áreas científico-tecnológico extremamente atual e em franca expansão, com um universo alargado de áreas de intervenção, e que beneficia de um ciclo económico favorável e de pleno emprego.*
- *Crescente envolvimento de empresas, de áreas afins ao MEEC, no desenvolvimento de projetos de I&D com forte participação de docentes e alunos.*
- *Boa dinâmica empresarial, nomeadamente ao nível da criação de empresas Spin-Off nas áreas afins ao MEEC, alavancado pela ligação a uma incubadora de referência (IPN), abrindo a possibilidade de integração dos diplomados MEEC em projetos com grande componente de inovação tecnológica.*
- *Reconhecimento do excelente nível de formação dos diplomados em engenharia eletrotécnica e de computadores pela FCTUC, com uma forte penetração dos seus diplomados em mercados de trabalho extremamente competitivos.*
- *Conjuntura favorável ao estabelecimento de cooperações tanto a nível empresarial, de investigação internacional e/ou nacional potenciadas pela participação em redes nacionais e internacionais.*
- *Excelente visibilidade internacional da Universidade de Coimbra, em particular nos países de expressão portuguesa.*
- *Imagem e credibilidade internacionalmente consagrada da Universidade de Coimbra*

### 12.3. Opportunities:

- *Engineering degree in scientific and technological areas displaying an expansion trend, with a wide range of areas of intervention, benefiting from a favorable economic cycle and full employment.*
- *Increasing involvement of companies from MEEC-related areas in the development of R&D projects with strong participation of teachers and students.*
- *Good entrepreneurial dynamics, namely in the creation of Spin-Off companies in MEEC-related areas, leveraged by the connection to a reference incubator (IPN), opening the possibility of integrating MEEC graduates in projects with a large component of technological innovation.*
- *Recognition of the FCTUC's excellent level of graduation in electrical and computer engineering with a strong penetration of its graduates in extremely competitive labor markets.*
- *Favorable conjuncture for the establishment of business, international and / or national research cooperation fostered by participation in national and international networks.*
- *Excellent international visibility of the University of Coimbra, particularly in Portuguese-speaking countries.*
- *Internationally recognized image and credibility of the University of Coimbra*

### 12.4. Constrangimentos:

- *Oferta/concorrência de outros estabelecimentos de Ensino Superior ao nível da formação de mestrado*
- *Dinâmica de erosão demográfica preocupante na região de influência da Universidade de Coimbra, e muito em particular no Distrito de Coimbra*
- *Perceção desajustada na comunidade dos domínios de intervenção dos cursos de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores com impacto direto na atratividade de alunos.*
- *Baixa atratividade dos cursos de Engenharia da Universidade de Coimbra devido à pouca visibilidade na comunidade da qualidade formativa em engenharia da Universidade.*
- *Erosão preocupante do tecido empresarial na região centro, com particular incidência no distrito de Coimbra, dificultando a implementação de estágios em ambiente empresarial e dificultando também a inserção dos diplomados MEEC no mercado de trabalho na região.*
- *Insuficiência, na região, de centros de investigação do setor industrial nas áreas científico- tecnológicas afins ao MEEC.*
- *Captação de alunos com base maioritariamente regional.*

### 12.4. Threats:

- *Offer / competition from other higher education establishments at Masters level*
- *Dynamics of demographic erosion in the region of influence of the University of Coimbra, and particularly in the District of Coimbra*
- *Misadjusted perception in the community of the fields of intervention of the degrees in Electrical and Computer Engineering with a direct impact on the attractiveness of students.*
- *Low attractiveness of Engineering courses at the University of Coimbra due to the low visibility in the community of the formative quality in engineering at the University.*
- *Worrying erosion of the business fabric in the central region, particularly in the district of Coimbra, making it difficult to implement internships in the business environment and also making it difficult for MEEC graduates to enter the labor market in the region.*
- *Insufficiency in the region of research centers of the industrial sector in the scientific-technological areas related to MEEC*

**- Attract students with a mostly regional base.**

#### 12.5. Conclusões:

**O Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MEEC) é um 2º ciclo de formação nesta área científica, que está organizado em 4 semestres letivos, num total de 120 ECTS, a que correspondem 3240 horas de trabalho. O MEEC está estruturado em quatro áreas principais de especialização, nomeadamente 1)Computadores, 2)Energia, 3)Robótica, Controlo e Inteligência Artificial e 4)Telecomunicações. Cada área de especialização contempla a realização de estudos num conjunto de unidades curriculares obrigatórias, que transmitem conhecimentos e desenvolvem competências avançadas intrínsecas às diferentes especializações, complementadas por um conjunto de unidades curriculares opcionais que oferecem competências em domínios de conhecimento específicos.**

**Cada especialização do MEEC contempla a existência de variantes de subespecialização, a serem obtidas após a realização de um conjunto de unidades curriculares obrigatórias e opcionais que se agrupam numa determinada área temática. Estas variantes facultam uma formação mais especializada em áreas de intervenção do curso. Existe também a possibilidade do aluno optar por uma formação mais abrangente, sem o recurso às variantes de subespecialização. Identificam-se nove variantes de subespecialização, distribuídas suas pelas quatro áreas de especialização, nomeadamente: Robótica e Sistemas Autónomos, Sistemas Ciberfísicos, Aprendizagem Computacional, Visão por Computador e Realidade Aumentada, Sistemas de Computação Eficiente de Alto-Desempenho, Sistemas de Energia e Redes Inteligentes, Sistemas de Controlo de Potência, Comunicações Móveis e Óticas, Redes e Serviços.**

**Todas as áreas de especialização configuram a obrigatoriedade da elaboração e defesa pública de uma Dissertação, que corresponde a 36 ECTS, a qual envolve a realização de um trabalho de investigação e desenvolvimento.**

**Concebeu-se para o efeito um mestrado de elevada qualidade, pautado por padrões internacionais, e que tem uma duração e estrutura semelhantes a ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior. O plano de estudos do MEEC dá particular ênfase às componentes de trabalho laboratorial e de projeto, em forte articulação com os institutos de investigação associados ao DEEC, alicerçado numa vasta experiência do corpo docente, em particular associada ao mestrado integrado, e na constante interação com alunos, antigos alunos, empresas e entidades empregadoras, e institutos de investigação.**

**O MEEC é um ciclo de estudos lecionado pelo corpo docente próprio do DEEC da FCTUC, sem associação com outras instituições de ensino superior nacional ou internacional, formado quase integralmente por professores de carreira com nomeação definitiva. As excelentes relações entre os corpos docente e discente permitem antever a capacidade de mobilizar os estudantes para implementação com sucesso do novo plano de estudos e da transição do mestrado integrado para uma oferta formativa com 2 ciclos com sucesso.**

#### 12.5. Conclusions:

**The Master in Electrical and Computer Engineering (MEEC) is a 2nd cycle of training in this scientific domain, which is organised in 4 semesters, totalling 120 ECTS, corresponding to 3240 working hours. MEEC is structured in four main areas of expertise, namely 1)Computers, 2)Energy, 3)Robotics, Control and Artificial Intelligence and 4)Telecommunications. Each area of specialisation encompasses studies in a set of compulsory curricular units, enabling the transfer of knowledge and the development of advanced skills intrinsic to the different specialisations, complemented with a wide range of optional curricular units offering a set of skills in specific fields of knowledge.**

**Each MEEC specialization contemplates the existence of sub-specialization variants to be obtained after the completion of a defined set of compulsory and optional curricular units that are grouped in a certain thematic knowledge domain. These variants provide more specialised training in areas of intervention of the master degree. There is also the possibility for the student to choose a more comprehensive training without the use of sub-specialisation variants. Nine sub-specialisation variants were identified for MEEC, namely: Robotics and Autonomous Systems, CyberPhysical Systems, Computational Learning, Computer Vision and Augmented Reality, High Performance Efficient Computing Systems, Power Systems and Intelligent Networks, Power Control Systems, Mobile and Optical Communications, Networks and Services.**

**All areas of specialisation require the preparation and public defence of a Dissertation, accounting for 36 ECTS, which involves carrying out research and development activities.**

**For this purpose, a high-quality master degree, guided by international standards, has been designed, which has a similar duration and structure to existing study cycles in reference institutions of the European Higher Education Area. The new study plan offers particular emphasis on the laboratory work and project components, in strong articulation with the research institutes associated with DEEC, which is rooted in the vast experience of the faculty staff, in particular associated with the previous integrated Master degree, as well as the constant interaction with students, alumni, employer companies and entities, and research institutes.**

**The MEEC is a cycle of studies taught by DEEC FCTUC's own faculty, without association with other national or international higher education institutions, formed almost entirely by professors with tenure. The excellent relationships between the professor and student bodies anticipate the capability to mobilize the students for the successful implementation of the new study plan and the transition of the integrated master to a successful formative offer comprising two cycles of studies.**

**The MEEC is a cycle of studies taught by DEEC FCTUC's own faculty, without association with other national or international higher education institutions, formed almost entirely by professors with tenure. The excellent relationships between the professor and student bodies anticipate the capability to mobilize the students for the successful implementation of the new study plan and the transition of the integrated master to a successful formative offer comprising two cycles of studies.**

**The MEEC is a cycle of studies taught by DEEC FCTUC's own faculty, without association with other national or international higher education institutions, formed almost entirely by professors with tenure. The excellent relationships between the professor and student bodies anticipate the capability to mobilize the students for the successful implementation of the new study plan and the transition of the integrated master to a successful formative offer comprising two cycles of studies.**