

# NCE/19/1901066 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

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

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):  
*Instituto Superior Técnico*

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

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

1.3. Study programme:  
*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:  
*<sem resposta>*

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:  
*<sem resposta>*

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:**

435

**1.10. Condições específicas de ingresso.**

*Serão admitidos como candidatos: i) os titulares de grau de licenciado ou equivalente legal, na área de Ciências e Tecnologia; ii) os titulares de grau académico superior estrangeiro conferido na sequência de um 1º ciclo de estudos organizado de acordo com os princípios do Processo de Bolonha por um estado aderente a este Processo, nas áreas referidas em i); ou iii) que demonstrem ser detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que ateste a sua capacidade para realização do Mestrado a que se candidatam.*

*A admissão e seriação será efetuada de acordo com as normas definidas no regulamento de admissão ao 2º ciclo do IST, tendo em atenção aspetos particulares sugeridos pela Comissão Científica do Mestrado que estará envolvida em todas as decisões que serão tomadas colegialmente.*

**1.10. Specific entry requirements.**

*Will be admitted as candidates: i) holders of a BSc degree or legal equivalent, in the area of Science and Technology; ii) holders of a foreign higher academic degree obtained following a 1st cycle of studies organized in accordance with the principles of the Bologna Process by a state adhering to this Process, in the areas referred to in i); or iii) holders of a scientific or professional curriculum, attesting to the their ability to carry out the MSc degree to which they apply.*

*Admission and ranking will be carried out in accordance with the rules defined in regulation for admission to the 2nd cycle of IST, taking into account particular aspects suggested by the Scientific Master Committee that will be involved in all decisions that will be taken collegially.*

**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:**

*IST - Alameda*

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

*IST - Alameda*

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

[1.13.\\_Desp n.º 6604-2018, 5 jul\\_RegCreditaçãoExpProfissional.pdf](#)

**1.14. Observações:**

*<sem resposta>*

**1.14. Observations:**

*<no answer>*

## 2. Formalização do Pedido

### Mapa I - Conselho Científico

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Científico*

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

[2.1.2.\\_Parecer\\_CC\\_MEEC.pdf](#)**Mapa I - Conselho Pedagógico**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Pedagógico*

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

[2.1.2.\\_Parecer\\_CP\\_MEEC.pdf](#)

**Mapa I - Conselho de Gestão**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho de Gestão*

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

[2.1.2.\\_parecer\\_CG.pdf](#)

**Mapa I - Conselho de Escola**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho de Escola*

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

[2.1.2.\\_parecer\\_CE.pdf](#)

**Mapa I - Reitor da Universidade de Lisboa**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Reitor da Universidade de Lisboa*

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

[2.1.2.\\_DespReit n.º 122-2020 \\_ Cr \\_Mest\\_ Engª Eletrotécnica e de Computadores.pdf](#)

**Mapa I - Plano de Transição do Mestrado Integrado para o Mestrado**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Plano de Transição do Mestrado Integrado para o Mestrado*

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

[2.1.2.\\_MEEC\\_Plano\\_Transição.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:**

- *Formar profissionais capazes de intervir no domínio da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC), a nível da conceção, especificação, projeto, industrialização, comercialização e utilização de produtos e serviços;*
- *Desenvolver nos alunos uma capacidade de análise rigorosa, a par de um espírito crítico, flexível e criativo que contribua para investigar, inovar e ser fator de progresso nas mais variadas atividades e sectores da Sociedade;*
- *Desenvolver nos alunos o espírito empreendedor que lhes permita agir como fomentadores e criadores de empresas;*
- *Desenvolver nos alunos também a capacidade de agir como gestores de engenharia, que motivem e incrementem a produtividade nas suas áreas de intervenção;*
- *Prover a formação académica necessária para a investigação científica, continuando a fornecer alguns dos professores universitários (nacionais e internacionais) mais prestigiados, na área de EEC*

**3.1. The study programme's generic objectives:**

- *Train competent professionals to intervene in the field of Electrical and Computer Engineering for design, specification, draft, industrialization, commercialization and use of products and services that use electrical energy, borne on Electronics and Information Technologies;*
- *Develop students analysis skills, together with a critical, flexible and creative spirit that make them contribute to carry*

*out research, to innovate and to become a factor for progress in the most diverse activities and sectors of Society;*  
 - *Foster students entrepreneurial spirit, allowing them to participate as business promoters and creators;*  
 - *Nurture students ability to act as engineering managers, who motivate and increase productivity in their areas of action;*  
 - *Offer necessary educational background for the development of scientific research, while providing some of the most prestigious university professors in the area of Electrical and Computer Engineering, in Portuguese and foreign universities.*

- 3.2. **Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes:**  
*O Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores visa proporcionar uma sólida formação avançada nas principais áreas da electrotecnia e de computadores, computadores, eletrónica, energia, sistemas de decisão e controlo e telecomunicações.*

*As oportunidades de emprego e investigação para estes mestres são muitas e bastante diversificadas, permitindo trabalhar em indústrias de energia, electrónica, telecomunicações, automação, cuidados de saúde ou bancos, contribuindo para o projecto e operação de dispositivos eléctricos e electrónicos, desenvolvimento de sistemas complexos envolvendo hardware, software, redes de comunicação, geração de energia e controle de sensores e atuadores.*

*No final do ciclo de estudos os estudantes desenvolverão uma dissertação que permitirá integrar e aplicar os conhecimentos apreendidos ao longo do ciclo de estudos e compreender as bases principais de investigação científica.*

- 3.2. **Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be developed by the students:**  
*The master program in Electrical and Computer Engineering aims to provide students with solid advanced training in the major fields of electrical and computer engineering, computers, electronics, energy, systems, decision and control, and telecommunications.*

*Employment and research opportunities for masters in electrical and computer engineering are many and quite diverse. They can work in industries, ranging from power generation, telecommunications, aerospace, automation, healthcare or banking, contributing to the design and operation of electrical and electronic devices and develop complex systems involving hardware, software, communication networks, power generation and control of sensors and actuators.*

*At the end of this study cycle students will develop a dissertation that will allow them to integrate and apply all the knowledge learned throughout the study cycle and to understand the main bases of scientific research.*

- 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:**  
*Nos termos do n.º 1 do Artigo 3.º dos Estatutos do IST, homologados pelo Despacho n.º 12255/2013 publicado em Diário da Republica de 25 de setembro de 2013, “É missão do IST, como instituição que se quer prospectiva no ensino universitário, assegurar a inovação constante e o progresso consistente da sociedade do conhecimento, da cultura, da ciência e da tecnologia, num quadro de valores humanistas.”*  
*Nos termos do n.º 2 do mesmo artigo estabelece-se que, no cumprimento da sua missão, o IST: Privilegia a investigação científica, o ensino, com ênfase no ensino pós-graduado, e a formação ao longo da vida, assim como o desenvolvimento tecnológico; Promove sinergias entre os domínios científicos que abarca e entre eles e outros afins; Procura contribuir para a competitividade da economia nacional através da transferência de tecnologia, da inovação e da promoção do empreendedorismo; Efetiva a responsabilidade social, na prestação de serviços científicos e técnicos à comunidade e no apoio à inserção dos diplomados no mundo do trabalho e à sua formação permanente. O IST está envolvido ativamente em várias redes e programas internacionais que visam a mobilidade de estudantes, nomeadamente através de programas de graduação e pós-graduação.*

- 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:**  
*Pursuant to paragraph 1 of Article 3 of IST Statutes, ratified by Order No. 12255/2013 published in Diário da Republica of 25 September 2013, “It is IST’s mission, as an institution assumed to be prospective in university education, to ensure constant innovation and consistent progress in the knowledge society, culture, science and technology, within a framework of humanistic values. ”*  
*Under the terms of paragraph 2 of the same article, it is established that, in carrying out its mission, IST: Favors scientific research, education, with an emphasis on postgraduate education, and lifelong learning, as well as technological development; Promotes synergies among the scientific domains it encompasses and between them and other affine domains; Seeks to contribute to the competitiveness of the national economy through technology transfer, innovation and promotion of entrepreneurship; Enforces social responsibility, in the provision of scientific and technical services to the community and in supporting the insertion of graduates in the working world and their permanent training. IST is actively involved in several international networks and programs aimed at student mobility, namely through undergraduate and graduate programs.*

## 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:

Área Principal (alunos escolhem 48 de 96 ECTS)

Circuitos e Sistemas Eletrónicos

Controlo, Robótica e Inteligência Artificial

Energia

Sistemas Ciberfísicos

Sistemas de Computação

Redes e Sistemas de Comunicação

Telecomunicações

Minor (Opcional)

##### Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:

Major (students choose 48 from 96 ECTS)

Electronic Circuits and Systems

Control, Robotics and Artificial Intelligence

Energy

Cyberphysical Systems

Computing Systems

Networks and Communication Systems

Telecommunications

Minor (Optional)

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

#### Mapa II - Ramo Principal

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

*Ramo Principal*

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

*Main Branch*

#### 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
Electrónica/Electronics	Eletr		0	Oferta 6 ECTS. a) Escolher 1 das 2 UCs
Engenharia e Gestão de Sistemas/ Systems Engineering and Management	EGS		0	Oferta 6 ECTS. a) Escolher 1 das 2 UCs
Opções-Todas as áreas científicas do IST/ Options-All scientific areas of IST	OL		0	Oferta 30ECTS. Pode ser Área Secundária (escolher outra AP 3 UCs fora da sua AP)/Minors multidis IST
Todas as áreas científicas do IST/All scientific areas of IST	Diss	36		A Dissertação é desenvolvida no âmbito de Áreas Científicas em domínios relacionados com o curso
-	-		36	36ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(5 Items)</b>		<b>36</b>	<b>36</b>	

#### Mapa II - Área de Especialização Principal de Circuitos e Sistemas Eletrónicos

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
**Área de Especialização Principal de Circuitos e Sistemas Eletrónicos**

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
**Major Specialization Area on Electronic Circuits and 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
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 24 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Electrónica/Electronics	Eletr		0	Oferta de 72 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Biomateriais, Nanotecnologia e Medicina Regenerativa/Biomaterials, Nanotechnology and Regenerative Medicine	BNMR		0	Oferta de 6 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(4 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Controlo, Robótica e Inteligência Artificial**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
**Área de Especialização Principal de Controlo, Robótica e Inteligência Artificial**

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
**Major on Control, Robotics and Artificial Intelligence**

**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
Sistemas, Decisão e Controlo/Systems, Decision and Control	SDC		0	Oferta de 78 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 12 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(4 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Energia**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
**Área de Especialização Principal de Energia**

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

**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
Energia / Energy	Energ		0	Oferta 96ECTS em UC desta AC. Escolhem desta oferta o total de ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(2 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Sistemas Ciberfísicos**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
**Área de Especialização Principal de Sistemas Ciberfísicos**

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
**Major on 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
Sistemas, Decisão e Controlo/Systems, Decision and Control	SDC		0	Oferta de 18ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 36ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Electrónica/Electronics	Eletr		0	Oferta de 12ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Energia/Energy	Energ		0	Oferta de 24ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(6 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Sistemas de Computação**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
**Área de Especialização Principal de Sistemas de Computação**

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Major on Computing 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
Sistemas, Decisão e Controlo/Systems, Decision and Control	SDC		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Electrónica/Electronics	Eletr		0	Oferta de 12ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Metodologia e Tecnologia da Programação/Programming Methodology and Technology	MTP		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(6 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Redes e Sistemas de Comunicação**

**4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**  
***Área de Especialização Principal de Redes e Sistemas de Comunicação***

**4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**  
***Major on Networks and Communication 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
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 54 ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Sistemas, Decisão e Controlo/Systems, Decision and Control	SDC		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0	Oferta de 30ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Sistemas de Informação/Information Systems	SI		0	Oferta de 6ECTS em UC desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(5 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**Mapa II - Área de Especialização Principal de Telecomunicações****4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
Área de Especialização Principal de Telecomunicações****4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
Major on Telecommunications****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
Telecomunicações/Telecommunications	Tele		0	Oferta de 72 ECTS em UC de opção desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Computadores/Computers	Comp		0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Electrónica/Electronics	Eletr		0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
Sistemas, Decisão e Controlo/Systems, Decision and Control	SDC		0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção desta AC. Opção não é quantificada por AC. Total ECTS min = 48
			48	48ECTS em UC opção para obter grau nas AC desta tabela. UC OP fixadas anualmente pelo Órgão do IST
<b>(5 Items)</b>		<b>0</b>	<b>48</b>	

**4.3 Plano de estudos****Mapa III - Área de Especialização Principal de Circuitos e Sistemas Eletrónicos - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):  
Área de Especialização Principal de Circuitos e Sistemas Eletrónicos****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):  
Major on Electronic Circuits and Systems****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:  
1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Circuitos de Ultra-baixo Consumo/ Ultra Low Power Circuits	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Electrónica de Potência / Power Electronics	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Nanotecnologias / Nanotechnologies	BNMR	Semestral	168	T=28 PL=14	6	b) Escolher 24 ECTS
Projecto de Sistemas Digitais/Digital Systems Design	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Sistemas de Tempo Real/Real-Time Systems	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS

Sistemas em Circuito Integrado/System on-chip	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Sistemas Integrados Analógicos e Mistos/Analog and Mixed Integrated Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Tecnologias dos Sistemas de Computação/Technologies of Computing Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Arquitecturas para Computação de Elevado Desempenho/High Performance Computing Architectures	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Microelectrónica/Microelectronics	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Optoelectrónica/Optoelectronics	Eletr	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Redes Móveis e Internet das Coisas/Mobile Networks and Internet of Things	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sensores e Actuadores/Sensors and Actuators	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sistemas de Medida de Grande Escala/Big-Data Measuring Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sistemas de Processamento Digital de Sinal/Digital Signal Processing Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sistemas Integrados de Radiofrequência/Radiofrequency Integrated Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 24 ECTS
Filtros Analógicos e Digitais/Analog and Digital Filters	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher de 0 a 6 ECTS. UC exclusiva para obter especialização secundária

(17 Items)

### Mapa III - Área de Especialização Principal de Controlo, Robótica e Inteligência Artificial - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre

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

*Área de Especialização Principal de Controlo, Robótica e Inteligência Artificial*

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

*Major on Control, Robotics and Artificial Intelligence*

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

*1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Aprendizagem Automática/ Machine Learning	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Programação de Sistemas/Systems Programming	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Robótica/Robotics	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS, b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Controlo de Sistemas Ciberfísicos/Control of Cyber-Physical Systems	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS,
Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão/Artificial Intelligence and Decision Systems	SDC	Semestral	168	TP=49	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS, c) Escolher entre 12 a 24 ECTS

Optimização e Algoritmos/Optimization and Algorithms	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS, b) Escolher entre 12 a 24 ECTS, c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Processamento de Imagem e Visão/Image Processing and Vision	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS, c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Aprendizagem Profunda/Deep Learning	Tele	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Controlo Multivariável, Não Linear e Ótimo/Multivariable, Nonlinear and Optimal Control	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS,
Estimação e Controlo Preditivo Distribuído/Distributed Predictive Control and Estimation	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS,
Modelação e Automação de Processos Industriais/Modelling and Automation of Industrial Processes	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS,
Processamento da Fala/Spoken Language Processing	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Processamento de Big Data/Processing Big Data	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Processamento Digital de Sinais/Digital Signal Processing	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS, c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Sistemas Autónomos/Autonomous Systems	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS,c) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Sistemas de Controlo Distribuído em Tempo Real/Distributed Real Time Control Systems	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS, b) Escolher entre 12 a 24 ECTS

**(16 Items)****Mapa III - Área de Especialização Principal de Energia - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):*****Área de Especialização Principal de Energia*****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):*****Major on Energy*****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*****1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Accionamentos e Veículos Eléctricos/ Electrical Drives and Electrical Vehicles	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 12 ECTS
Alta Tensão/High Voltage	Energ	Semestral	168	TP=42 PL=7	6	a) Escolher 24 ECTS
Análise de Redes/Power System Network Analysis	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Economia e Mercados de Energia/Economics and Energy Markets	Energ	Semestral	168	TP=42 PL=7	6	a) Escolher 24 ECTS
Eletrónica de Potência para Energia/Power Electronics for Electrical Energy	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher 12 ECTS
Máquinas Eléctricas/Electrical Machines	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher 12 ECTS

Microredes DC/AC/DC/AC Microgrids	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher 12 ECTS
Produção e Consumo de Energia Eléctrica/Production and Demand of Electric Energy	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Proteção de Sistemas de Energia/Power System Protection	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Análítica de Dados para Redes Inteligentes/Data Analytics for Smart Grids	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Controlo e Optimização de Sistemas de Energia/Control and Optimization of Electric Power Systems	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Conversão Electrónica e Armazenamento de Energia/Electronic Power Conversion and Storage	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher 12 ECTS
Conversores Comutados para Energias Renováveis/Power Electronics for Renewable Energy	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher 12 ECTS
Energias Renováveis e Produção Descentralizada/Renewable Sources and Distributed Power Generation	Energ	Semestral	168	TP=42 PL=7	6	b) Escolher 12 ECTS
Regimes Transitórios em Redes/Power Systems Transients and Stability	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sistemas Eléctricos Integrados de Tecnologia Solar Fotovoltaica/Integrated Electrical Systems of Solar Photovoltaic Technology	Energ	Semestral	168	T =28 PL=21	6	b) Escolher 12 ECTS

**(16 Items)**

### Mapa III - Área de Especialização Principal de Sistemas Ciberfísicos - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre

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

*Área de Especialização Principal de Sistemas Ciberfísicos*

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

*Major on Cyberphysical Systems*

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

*1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Aplicações Distribuídas sobre a Internet/Distributed Applications In the Internet	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) escolher 12 ECTS
Aplicações e Tecnologias Móveis/ Mobile Applications and Technologies	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) escolher 12 ECTS
Controlo de Sistemas Ciberfísicos/Control of Cyber-Physical Systems	SDC	Swemestral	168	T=28 PL=21	6	a) escolher 12 ECTS, c) escolher 12 ECTS
Fundamentos de Redes Eléctricas Inteligentes/Smart-Grids Fundamentals	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) escolher 12 ECTS, b) escolher 12 ECTS, c) escolher 12 ECTS, d) escolher 12 ECTS
Microredes DC/AC/DC/AC Microgrids	Energ	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	d) escolher 12 ECTS
Sistemas de Tempo Real/Real-Time Systems	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	d) escolher 12 ECTS
Tecnologias dos Sistemas de Computação/Technologies of Computing Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	d) escolher 12 ECTS

Análítica de Dados para Redes Inteligentes/Data Analytics for Smart Grids	Energ	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) escolher 12 ECTS
Computação Inteligente/Applied Computational Intelligence	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) escolher 12 ECTS
Instalações e Edifícios Inteligentes/Installations and Intelligent Buildings	Energ	Semestral	168	TP=49	6	a) escolher 12 ECTS
Processamento de Big Data/Processing Big Data	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) escolher 12 ECTS
Radiopropagação para Comunicações e Sensores/Radiowave Propagation for Communications and Sensors	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) escolher 12 ECTS
Redes Móveis e Internet das Coisas/Mobile Networks and Internet of Things	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) escolher 12 ECTS
Segurança das Comunicações/Communications Security	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) escolher 12 ECTS, b) escolher 12 ECTS, c) escolher 12 ECTS, d) escolher 12 ECTS
Sensores e Actuadores/Sensors and Actuators	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	d) escolher 12 ECTS
Sistemas Autónomos/Autonomous Systems	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) escolher 12 ECTS, c) escolher 12 ECTS

**(16 Items)**

### Mapa III - Área de Especialização Principal de Sistemas de Computação - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre

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

*Área de Especialização Principal de Sistemas de Computação*

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

*Major on Computing Systems*

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

*1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Aplicações e Tecnologias Móveis/ Mobile Applications and Technologies	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 0 a 24 ECTS
Computação em Sistemas Paralelos e Heterogéneos/ Parallel and Heterogeneous Computing Systems	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Optimização e Algoritmos/Optimization and Algorithms	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 0 a 24 ECTS
Programação de Sistemas/Systems Programming	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Projecto de Sistemas Digitais/Digital Systems Design	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Sistemas de Tempo Real/Real-Time Systems	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 0 a 24 ECTS
Tecnologias dos Sistemas de Computação/Technologies of Computing Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Aprendizagem Profunda/Deep Learning	Tele	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	c) Escolher 0 a 24 ECTS

Arquitecturas para Computação de Elevado Desempenho/High Performance Computing Architectures	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Automação do Projeto Eletrónico/Electronic Design Automation	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 0 a 24 ECTS
Computação Inteligente/Applied Computational Intelligence	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 0 a 24 ECTS
Computação Paralela e Distribuída/Parallel and Distributed Computing	MTP	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Co-Projeto Hardware/Software/Hardware /Software Co-Design	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher 24 ECTS
Programação Orientada por Objectos/Object Oriented Programming	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 0 a 24 ECTS
Segurança das Comunicações/Communications Security	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 0 a 24 ECTS
Sistemas de Processamento Digital de Sinal/Digital Signal Processing Systems	Eletr	Semestral	168	TP=28 PL=21	6	b) Escolher entre 0 a 24 ECTS

**(16 Items)**

### Mapa III - Área de Especialização Principal de Redes e Sistemas de Comunicação - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre

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

*Área de Especialização Principal de Redes e Sistemas de Comunicação*

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

*Major on Networks and Communication Systems*

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

*1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Algoritmia em redes e aplicações/ Network Algorithms and Applications	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Aplicações Distribuídas sobre a Internet/Distributed Applications In the Internet	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 6 a 24 ECTS
Aprendizagem Automática/Machine Learning	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Desempenho e Dimensionamento de Redes e Sistemas/Performance Evaluation and Dimensioning of Networks and Systems	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Redes programáveis/Programmable Networks	Comp	Semestre	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 6 a 24 ECTS
Redes Veiculares/Vehicular Networks	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Sistemas de Informação e Bases de Dados/Information Systems and Databases	SI	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 6 a 24 ECTS
Teoria da Informação e Comunicação/Information and Communication Theory	Tele	Semestral	168	TP=49	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Transmissão Digital/Digital Transmission	Tele	Semestral	168	TP=49	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Arquitectura e Gestão de Redes/Network Architecture and Management	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Comunicação Multimédia/Multimedia Communication	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 30 ECTS

Programação Orientada por Objectos/Object Oriented Programming	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 6 a 24 ECTS
Redes de Alto Débito/High Speed Networks	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Redes Móveis e Internet das Coisas/Mobile Networks and Internet of Things	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Segurança das Comunicações/ Communications Security	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS
Sistemas de Navegação/Navigation Systems	Tele	Semestral	168	TP=49	6	b) Escolher entre 12 a 30 ECTS

(16 Items)

### Mapa III - Área de Especialização Principal de Telecomunicações - 1º ano 1º e 2º semestre e 2º ano/1º semestre

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

*Área de Especialização Principal de Telecomunicações*

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

*Major on Telecommunications*

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

*1º ano 1º e 2º semestre e 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)
Algoritmia em redes e aplicações/ Network Algorithms and Applications	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS
Aprendizagem Automática/Machine Learning	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Optimização e Algoritmos/Optimization and Algorithms	SDC	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Sistemas de Telecomunicações via Rádio/Wireless Telecommunication System	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS
Teoria da Informação e Comunicação/Information and Communication Theory	Tele	Semestral	168	TP=49	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Transmissão Digital/Digital Transmission	Tele	Semestral	168	TP=49	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Comunicação Multimédia/Multimedia Communication	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Nano-fotónica/Nanophotonics	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Optoeletrónica/Optoelectronics	Eletr	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Processamento Multimédia Baseado em Aprendizagem/Learning-Based Multimedia Processing	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	a) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Radiopropagação para Comunicações e Sensores/Radiowave Propagation for Communications and Sensors	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Redes de Alto Débito/High Speed Networks	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS
Redes Móveis e Internet das Coisas/Mobile Networks and Internet of Things	Comp	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS
Sistemas de Comunicações Móveis/Mobile Communication Systems	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS
Sistemas de Comunicações Óticas/Optical Communication Systems	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	c) Escolher 12 a 24 ECTS

Tecnologia e Projeto de Antenas/Antenna Technology and Design	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b) Escolher entre 12 a 24 ECTS
Sistemas de Telecomunicações/Telecommunications Systems	Tele	Semestral	168	T=28 PL=21	6	d) Escolher de 0 a 6 ECTS. UC exclusiva para obter especialização secundária

(17 Items)

### Mapa III - Ramo Principal - 1º Ano / 1º Semestre - 1st Year; 1st Semester

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

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

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)
Atividades Extracurriculares I/Extracurricular Activities I	OL	Semestral	84	n.a.	3	a)Escolher 6 ECTS. Qualquer UC do IST ou UL. Podem ser creditados até 6ECTS (6 ou 3+3) em AEC
Atividades Extracurriculares II/Extracurricular Activities II	OL	Semestral	84	n.a.	3	a)Escolher 6 ECTS. Qualquer UC do IST ou UL. Podem ser creditados até 6ECTS (6 ou 3+3) em AEC
Unidades Curriculares de Área Especialização Principal/Course Units of Main Specialization Area	OP	Semestral	672	n.a.	24	Escolher 24 ECTS em UC de uma das Tabelas de especialização principal

(3 Items)

### Mapa III - Ramo Principal - 1º Ano / 2º semestre - 1st Year / 2nd semester

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

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

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)
--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------	--------------------------------

Empreendedorismo, Inovação e Transferência de Tecnologia/Entrepreneurship, Innovation and Technology Transfer	Eletr	Semestral	168	TP=49	6	b)Escolher 6ECTS. Empreendedorismo Inovação e Trans.Tecnologia ou Gestão de Projectos de Engenharia
Gestão de Projectos de Engenharia/Engineering Project Management	EGS	Semestral	168	T=28 PL=21	6	b)Escolher 6ECTS. Empreendedorismo Inovação e Trans.Tecnologia ou Gestão de Projectos de Engenharia
Opção Livre ou Minor / Free Optional or Minor	OL	Semestral	168	n.a.	6	c) Escolher 6 ECTS de conjunto UCs coerente ou UC opção de 2º/3º ciclo IST ou UL
Opção Livre / Free Option	OL	Semestral	168	n.a.	6	d) Escolher 6 ECTS. Qualquer UC do IST ou UL
Unidades Curriculares de Área Especialização Principal/Course Units of Main Specialization Area <b>(5 Items)</b>	OP	Semestral	336	n.a.	12	Escolher 12 ECTS em UC de uma das Tabelas de especialização principal

### Mapa III - Ramo Principal - 2º Ano / 1º Semestre - 2nd Year / 1st semester

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

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

#### 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)
Projecto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Electrotécnica e de Computadores/2nd Cycle Integrated Project in Electrical and Computer Engineering	Diss	Semestral	168	OT=14	6	
Opção Livre ou Minor / Free Optional or Minor	OL	Semestral	168	n.a.	6	c) Escolher 12 ECTS de conjunto UCs coerente ou UC opção de 2º/3º ciclo IST ou UL
Opção Livre ou Minor / Free Optional or Minor	OL	Semestral	168	n.a.	6	c) Escolher 12 ECTS de conjunto UCs coerente ou UC opção de 2º/3º ciclo IST ou UL
Unidades Curriculares de Área Especialização Principal/Course Units of Main Specialization Area <b>(4 Items)</b>	OP	Semestral	336	n.a.	12	Escolher 12 ECTS em UC de uma das Tabelas de especialização principal

### Mapa III - Ramo Principal - 2º Ano / 2º semestre - 2nd Year / 2nd semester

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

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

**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 de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores/ Master Dissertation in Electrical and Computers Engineering (1 Item)	Diss	Semestral	840	OT=28	30	

**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*****Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores*****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Master Dissertation in Electrical and Computers Engineering*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****Diss*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****840.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****28.0*****4.4.1.6. ECTS:*****30.0*****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 Urbano de Almeida Lima, 0h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Todos os docentes que orientam dissertações de Mestrado no respectivo semestre, 28h******Pedro Manuel Brito da Silva Girão, 28h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****A dissertação é um projeto com a duração de um semestre enquadrável em uma de três modalidades: 1. Tese científica, 2. Projeto em empresa e 3. Projeto SCOPE. Os objetivos de aprendizagem dependerão do projeto de tese***

**específico, mas, em geral, os estudantes deverão:**

- aplicar os conhecimentos adquiridos no mestrado no desenvolvimento de um projeto científico, tecnológico ou de gestão.
- estender os seus conhecimentos a áreas não cobertas no mestrado necessárias para desenvolver o projecto de tese.
- pesquisar, obter, compilar e resumir informações (científicas, técnicas, legislação, entrevistas, inquéritos) relevantes para o projeto.
- planear e executar experiências, analisar e interpretar dados, desenvolver modelos matemáticos, realizar simulações em computador.
- desenvolver competências intrapessoais, interpessoais e de pensamento crítico e inovador. - escrever e apresentar oralmente e discutir uma dissertação.

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

*The dissertation is a semester-long project or study that may fall within one of three modalities: 1. Scientific thesis, 2. Company project and 3. SCOPE project. Learning objectives will depend on the specific thesis project, but in general students should:*

- apply the knowledge acquired during their degree to undertake a project of a scientific, technological or management nature.
- extend their knowledge to areas not covered in the Master course that are required to meet the dissertation challenge.
- search, obtain, compile and summarize information (scientific, technical, legislation, interviews, polls) relevant to the project.
- plan and execute experiments, analyse and interpret data, develop mathematical models, perform computer simulations.
- develop Critical and Innovative Thinking, Intrapersonal and Interpersonal Skills. - write and orally present and discuss a dissertation document

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*A dissertação é definida inicialmente pelos orientadores ou sob orientação dos mesmos. A dissertação pode ser realizada no IST ou fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas, em Portugal ou no exterior). As seguintes modalidades são possíveis:*

1. *Tese científica: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.*
2. *Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.*
3. *Projeto SCOPE: trabalho em equipa multidisciplinar com base em problemas/desafios reais e complexos apresentados por empresas ou instituições e que exigem contribuições de alunos de diferentes cursos do IST/ULisboa.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*The dissertation is initially defined by the supervisors or under the supervisor's guidance. The dissertation can take place at IST or outside IST (universities, research centers or companies, in Portugal or abroad). The following modalities are possible:*

1. *Scientific thesis: an in-depth and academically rigorous analysis of a scientific, technological or management challenge. May include experimental and/or computational work.*
2. *Company project: individual project focused on a specific challenge posed by a host company that requires a solution or analysis targeted for short term implementation.*
3. *SCOPE project: multidisciplinary team work based on real and complex problems/challenges posed by companies or other institutions that require inputs from students from different courses of IST or the University of Lisbon.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*Avaliação do desempenho do aluno, avaliação do documento de dissertação e apresentação/discussão pública frente a*

*um júri de acordo com as normas das legislação portuguesa.*

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

*Assessment of progress results.*

*Presentation and discussion of the Master Dissertation to a Jury (according to legal requirements).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Depende do tópico da dissertação.*

**Mapa IV - Análise de Redes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Análise de Redes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Power System Network Analysis*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*Luís António Fialho Marcelino Ferreira*

**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):**

*Apresentar os grandes problemas de análise de redes, os modelos e os métodos de solução para sistemas de energia*

*elétrica em regime estacionário.*

*To present the major problems of power system network analysis under steady state, the corresponding modelling and solution methods*

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

*To present the major problems for power system network analysis under steady state, the corresponding modelling and solution methods*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Trânsito de energia em sistemas de energia eléctrica*

*Cálculo de correntes de curto-circuito*

*Trânsito de energia em sistemas desequilibrados*

*Introdução aos sistemas de protecção*

*Transmissão em corrente contínua*

*Estimação de estado.*

*Power flow problems and solution models under steady state for symmetric balanced systems*

*Short-circuit analysis*

*Power flow problems and solution models under steady state for symmetric unbalanced systems*

*Introduction to protection systems*

*Power transmission in direct current (DC)*

*State estimation*

**4.4.5. Syllabus:**

*Power flow problems and solution models under steady state for symmetric balanced systems*

*Short-circuit analysis*

*Power flow problems and solution models under steady state for symmetric unbalanced systems*

*Introduction to protection systems*

*Power transmission in direct current (DC)*

*State estimation*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*The objectives of the present course are coherent with the corresponding programmatic contents. The main objective of the course is to present the major problems of power system network analysis under steady state, the corresponding modelling and solution methods. Those problems are the determination of transmission network power flows and the determination of short circuit currents. In the list of contents are included the corresponding models and solution methods. For the sake of completeness, more complex problems in the domain of network analysis which sometimes are referred to in the literature are also addressed, namely power flow problems in symmetric unbalanced systems and even power flow in asymmetric systems.*

*Because the power flow problem can also be seen from an operational viewpoint, then the network analysis must also include information regarding the many measurements registered and thus the power flow problem becomes an estimation problem.*

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

**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua**

***As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).***

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

***50% continuous evaluation; 50% Non-continuous evaluation***

***The methodologies for teaching and learning are intended to foster learning based on Problem solving and project realization, reinforcing the practical component, active learning and autonomous work and the student responsibility***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Redes de Energia Elétrica, Sucena Paiva, 2015, IST Press; Network Analysis: exams and notes, M. Ferreira, , DEEC, IST; Guias de Laboratório, C. Jesus, M. Ferreira, , DEEC, IST; Power Systems Analysis, R. Bergen, V. Vittal, , Prentice Hall; Power System Analysis, C.A. Gross, , Wiley; Power Systems Analysis, J. Grainger, W.D. Stevenson, , McGraw Hill; Electric Power Principles, Kirtley, James, , Wiley; Electric Energy Systems Theory, O.I. Elgerd, , McGraw-Hill; Introduction to Electrical Power Systems, Mohamed E. El-Hawary, , Wiley***

**Mapa IV - Proteção de Sistemas de Energia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Proteção de Sistemas de Energia***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Power System Protection***

**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:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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 Quaresma dos Santos, 49h**

**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 e aplicar os princípios de conceção dos principais sistemas de proteção de linha de transmissão e de transformadores de potência.**

**Aplicar as principais funções de proteção em redes de energia elétrica respeitando critérios de proteção predefinidos**

**Realizar estudos de seletividade e de regulação de proteções em redes de energia elétrica.**

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

**To know and apply the general power system protection design principles to transmission line protection and to power transformer protection.**

**Apply in power systems the most common protection functions, following predefined general protection criteria.**

**Perform protection systems coordination studies in power system networks.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Fundamentos dos sistemas de proteção, motivação, critérios de conceção, segurança e dependabilidade, tipo, classificação.**

**Principais componentes dos sistemas de proteção, zonas de proteção e de medição.**

**Transformadores de medição utilizados para fins de proteção. Princípio de funcionamento e especificação de transformadores de corrente, transformadores de tensão.**

**Cálculo de curto-circuitos em estudos de conceção e coordenação de sistemas de proteção.**

**Proteção de linha de transmissão. Aplicação de proteção de máxima intensidade de fase e de neutro, distância, teleproteção e diferencial.**

**Proteção de transformadores de potência. Aplicação de proteções não elétricas, sobrecarga, máxima intensidade e diferencial.**

**Aplicação de critérios de fiabilidade na conceção de sistemas de proteção, fiabilidade e disponibilidade, modelos de falha e de reparação. Cálculo de fiabilidade e disponibilidade utilizando Tie-Sets e simulação de Monte Carlo.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Principles of power system protection, the need for its application, design criteria, security and dependability, type, classification. Protection elements, protection and measuring zones.**

**Instrument transformers applied for protection. Operating principles, design of current and voltage transformers, inductive and capacitive.**

**Short-Circuit calculation applied to protection system design and coordination studies.**

**Transmission line protection. Applying phase and earth fault overcurrent, distance, teleprotection schemes, and differential protection.**

**Power transformer protection. Applying non-electrical protection, overload, overcurrent, and differential protection.**

**Reliability design of protection systems, design criteria, reliability and availability, catastrophic failure and repair models. Reliability and availability computation of protection systems using Tie-Set and Monte Carlo simulation.**

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

**Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da conceção e aplicações teórico-práticos de sistemas de proteção em redes de energia elétrica, permitem ao aluno rever, aprofundar e aplicar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional de engenharia eletrotécnica capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos e a resolução de exercícios de aplicação.**

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

**The Curricular Unit's syllabus covers the principal topics on power system protection and applications, both theory and practice, supported by the review and application of the previous base-knowledge on power systems in general, as well as, acquiring new knowledge to the professional activities of power system engineering, yielding the skills of**

*autonomous work. It provides the theoretical foundations, the fundamental concepts, and partial examples, aiming the study and work through practical exercises.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*

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

*The teaching method aims to encourage the learning through problem solving and work assignments, reinforcing the practice, active learning, autonomous work and self-responsibility. The grading model comprehends continuous evaluation through active learning (e.g. work assignment, homework, short-tests) compatible with the reduction of the exam weight in final grade ( $\leq 50\%$ ).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Power System Relaying, Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke, 2003, Research Studies Press LTD; Numerical Distance Protection, G. Ziegler, 1999, SIEMENS; Numerical Differential Protection, G. Ziegler, 2005, SIEMENS; Analysis of Faulted Power Systems, Paul M. Anderson, 1995, IEEE Press Power Systems Engineering Series; Probabilistic reliability: an engineering approach, M. L. Shooman, 1968, Brooklyn Polytechnic Institute Series*

**Mapa IV - Microelectrónica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Microelectrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Microelectronics*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):

*Marcelino Bicho dos Santos, 49h*

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 serão capazes de:*

- *Compreender a tecnologia CMOS: passos de fabrico, dispositivos possíveis de implementar, parasitas e opções de encapsulamento.*
- *Identificar a função de cada transístor MOS em circuitos básicos digitais e mistos: interruptor, fonte de corrente constante, transimpedância, transcondutância, limitador de tensão (incluindo cascode) e diodo.*
- *Identificar os parasitas mais relevantes em cada dispositivo de circuitos digitais, mistos ou de entrada/saída (IOs).*
- *Projetar, no nível de esquema eléctrico e de desenho de máscaras (layout), células digitais e circuitos analógicos simples: espelhos de corrente, pares diferenciais, geradores de tensões e correntes de referência e osciladores em anel.*

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

*By the end of the course, students will be able to:*

- *Understand MOS technology: processing steps, available devices, parasitics, packaging options.*
- *Identify the function of each MOS transistor on simple digital and mixed signal circuits: switch, constant current source, transimpedance, transconductance, voltage control (including cascode), and diode.*
- *Identify the relevant parasitics for each digital, mixed signal and IO circuit device.*
- *Design, in schematic and layout views, digital cells and simple analog circuits: current mirrors, differential pairs, current and voltage references, ring oscillators.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução: projeto de sistemas discretos versus System-on-Chip.*
2. *Fluxo de projeto de circuitos analógicos e digitais em microeletrónica: informação tecnológica, ferramentas para CAD e metodologia de projeto.*
3. *Tecnologia de fabrico CMOS: passos do processo de fabrico, dispositivos concretizáveis, parasitas e modelos, proteção ESD, padding, encapsulamento.*
4. *Projeto de circuitos digitais: células digitais básicas e complexas.*
5. *Projeto de circuitos analógicos: projeto de fontes de corrente e de tensão de referência, par diferencial, amplificadores diferenciais, comparadores, DLLs e PLLs, modo inativo (power down).*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction: MOS transistors first order model. Design of discrete circuits versus System-on-Chip*
2. *Analog and digital design flow for microelectronics: technology information, CAD tools and design methodology and mixed signal design flow.*
3. *CMOS technology: production steps, available devices, parasitics and models, ESD protection, padding and package.*
4. *Digital cells design: basic and complex cells.*
5. *Analog circuits design: current sources and voltage reference circuits, differential pair, differential amplifiers, comparators, DLLs and PLLs, power down.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Design Of Analog Cmos Integrated Circuits , Behzad Razavi, 2017, Mc Graw-Hill; CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, R. Jacob Baker, 2019, IEEE Press*

**Mapa IV - Conversores Comutados para Energias Renováveis****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Conversores Comutados para Energias Renováveis*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Power Electronics for Renewable Energy*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*Sonia Maria Nunes dos Santos Paulo Ferreira Pinto, 77h*

**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):

*Dimensionar e comandar conversores dc-ac elevadores isolados e não isolados para aplicações em energia fotovoltaica. Dimensionar e comandar conversores multinível para interligação dc a alta tensão de sistemas de produção eólica a redes eléctricas. Dimensionar e comandar conversores matriciais para interface de geração renovável eólica e fotovoltaica. Dimensionar e comandar associações de conversores e conversores matriciais para sistemas de armazenamento de energia eléctrica.*

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

*Size and control isolated and non-isolated dc-ac boost converters for photovoltaic applications. Size and control multilevel converters for high voltage interconnection of wind production systems to power grids. Size and control matrix converters for wind and photovoltaic renewable generation interface. Size and command converter associations and matrix converters for electrical energy storage systems.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1 - Estruturas, comando e regulação de conversores dc-ac elevadores de dois estágios e de um estágio para geração fotovoltaica. Isolamento galvânico por transformador de baixa e alta frequência. Conversão polifásica em tensão e em corrente. 2 - Estruturas, comando e regulação de conversores multinível (NPC, condensadores flutuantes, modulares em meia ponte, ponte completa, 3 níveis). Conversores para alta tensão. Aplicações de conversores com grande número de níveis no transporte de energia eléctrica de geração renovável em dc em alta tensão. HVDC de corrente (CSC-HVDC) e de tensão (VSC-HVDC). 3 - Estruturas de conversores matriciais (directos, indirectos, esparsos). Comando e regulação de conversores matriciais. 4 - Aplicações na produção de origem eólica com máquinas de indução duplamente alimentadas e na produção fotovoltaica com estágio único. 5 - Aplicações de conversores e associações de conversores no armazenamento e condicionamento de energia eléctrica de geração renovável.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*1 – Topologies, drive and regulation of single and double stage dc-ac boost converters for photovoltaic energy systems. Galvanic isolation with low and high frequency transformer. Voltage and current source poly-phase converters. 2 - Topologies, drive and regulation of multilevel NPC, flying capacitor, half and full-bridge and three-level converters. High voltage converters. Multilevel converter applications in current source HVDC (CSC-HVDC) and voltage source HVDC (VSC-HVDC). 3 – Topologies and drive of matrix converters (direct, indirect, sparse). Command and control of matrix converters. 4 – Applications in wind energy, using DFIGs and in single stage photovoltaics. 5 – Power Electronics converters and converters association for conditioning and renewable energy and energy storage.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos."*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projetos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projetos de simulação e laboratoriais, fichas) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ). É utilizada uma estratégia de ensino interativa e de avaliação contínua para realização do projeto, simulação e experimentação de conversores comutados para energias renováveis. O método de avaliação compreende:*

- 6 trabalhos de simulação/laboratório - 30%
- 2 mini-testes nas aulas - 50%
- 1 Exame final - 20%

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student responsibility. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (simulation and laboratory projects, worksheets) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ).*

*An interactive teaching and continuous assessment strategy is used to carry out the project, simulation and experimentation of power electronic converters for renewable energies. The evaluation method comprises:*

- 6 simulation/laboratory works - 30%

- 2 mini-tests in classes - 50%
- 1 Final Exam - 20%

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os métodos de ensino foram projetados para que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, cumprindo os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos laboratoriais permite o confronto com problemas reais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methods were conceived so that students can develop comprehensive knowledge, fulfilling the intended learning outcomes. The experimental works allow the confrontation with real problems.*

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

*Conversores Comutados para Energias Renováveis, J. Fernando Silva, S. F. Pinto, J. Santana, 2017;  
Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez, 2011, Wiley-IEEE Press ISBN: 978-0-470-05751-3; Problems of Power Electronic Converters for Renewable Energy, S. F. Pinto;  
Laboratory Guides of Power Electronic Converters for Renewable Energy, S. F. Pinto*

#### **Mapa IV - Gestão de Projectos de Engenharia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Gestão de Projectos de Engenharia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Engineering Project Management*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist46496, Tânia Rodrigues Pereira Ramos, 26.0*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist135718, Rui Santos Abrantes, 21.0  
ist12076, Luis Manuel de Jesus Sousa Correia, 2.0*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Apresentar os fundamentos, conceitos e instrumentos das áreas de conhecimento de Gestão de Projetos oferecendo*

*uma visão sistémica e integradora dos seus diferentes vectores.*

*No final da Unidade Curricular, os alunos aprovados deverão ser capazes de:*

- *Identificar as situações em que se deve utilizar as metodologias de gestão de projetos.*
- *Iniciar o projeto, identificando os stakeholders do projeto e as suas expectativas.*
- *Planear um projeto com vista a cumprir as especificações, o prazo e o custo.*
- *Identificar e gerir os riscos de um projeto.*
- *Controlar eficazmente o tempo e custo de um projeto usando a metodologia Earned Value Management (EVM) e a qualidade usando Processos de Controlo de Qualidade.*
- *Ser capaz de efectuar correctamente o encerramento do projecto.*
- *Conhecer abordagens complementares de GP.*
- *Usar software de GP*

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

*To present the fundamentals, concepts and tools of the Project Management knowledge area offering a systemic and integrative view of its different vectors.*

*At the end of the course, the approved students should be able to:*

- *Identify the situations in which project management methodologies should be used.*
- *Initiate the project by identifying project's stakeholders and their expectations.*
- *Plan a project to meet specifications, time and cost.*
- *Identify and manage project's risks.*
- *Control effectively time and cost of a project using the Earned Value Management (EVM) methodology, and quality using Quality Control Processes.*
- *Be able to properly close the project.*
- *Know complementary approaches in Project Management.*
- *Use PM software.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *O conceito de Projeto e a sua importância na Gestão das Organizações*
- 2) *O Gestor do Projeto e as suas competências*
- 3) *O ciclo de vida e organização do Projecto*
- 4) *A iniciação do Projeto*
- 5) *O planeamento do Projeto*
  - 5.1 *Planeamento do Âmbito*
  - 5.2 *Planeamento do Tempo e Recursos*
  - 5.3 *Planeamento dos Custos*
  - 5.4 *Planeamento do Risco*
- 6) *O controlo do Projeto: Tempo, Custo e Qualidade*
- 7) *O encerramento do Projeto*
- 8) *Abordagens complementares: Critical Chain e Agile*
- 9) *Utilização das funcionalidades básicas de software de Gestão de Projetos*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1) *The concept of a Project and its importance in Organizational Management*
- 2) *The Project Manager and his/her skills*
- 3) *Project life cycle and organization*
- 4) *Project initiation*
- 5) *Project planning*
  - 5.1 *Scope Planning*
  - 5.2 *Time and Resource Planning*
  - 5.3 *Cost Planning*
  - 5.4 *Risk Planning*
- 6) *Project control: Time, Cost and Quality*
- 7) *Project closure*
- 8) *Complementary Approaches: Critical Chain and Agile*
- 9) *Using the basic features of Project Management software*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

- **Exame (45%)**
- **Realização de Projeto, com utilização da ferramenta Microsoft Project, com entrega de relatório e apresentação e discussão em grupo perante um júri (35%)**
- **Apresentação e Discussão de Papers (20%)**

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

- **Exam (45%)**
- **Projet, using the software Microsoft Project, writing a report, oral presentation and discussion to a jury (35%)**
- **Scientific Paper's presentation and discussion (20%)**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide, PMI (2017), 6th Edition; Critical Chain, Eliyahu M. Goldratt, 1997, North River Press ; Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Control, Kerzner, H., 2006, John Wiley & Sons, Inc., 9th. Edition**

**Mapa IV - Optimização e Algoritmos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Optimização e Algoritmos**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Optimization and Algorithms**

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

**SDC**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**49.0**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6.0**

**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 Manuel de Freitas Xavier, 70h*

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

*1 TA a contratar, 42h*

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

- 1. Aprender a formular problemas de otimização*
- 2. Aprender a reconhecer funções convexas*
- 3. Aprender os algoritmos principais para problemas sem restrições*
- 4. Aprender as condições de otimalidade de Karush-Kuhn-Tucker*
- 5. Aprender os algoritmos principais para problemas com restrições*

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

- 1. Learn how to formulate optimization problems*
- 2. Learn to recognize convex functions*
- 3. Learn the main optimization algorithms for unconstrained optimization problems*
- 4. Learn the Karush-Kuhn Tucker conditions for optimality*
- 5. Learn the main optimization algorithms for constrained optimization problems*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Técnicas de formulação de problemas de otimização baseada em exemplos de aprendizagem automática, comunicações, energia, controlo, processamento de sinal, finança*
  - a. Ajuste de modelos*
  - b. Ajuste de modelos com regularizadores de esparsidade*
  - c. Sistemas dinâmicos*
  - d. Otimização robusta*
- 2. Funções convexas*
  - a. Definição e exemplos de funções convexas comuns*
  - b. Operações que preservam convexidade*
- 3. Algoritmos de otimização para problemas sem restrições*
  - a. Método de gradiente*
  - b. Gauss-Newton*
  - c. Levenberg-Marquardt*
  - d. BFGS*
  - e. Método de Newton*
- 4. Solução de problemas através das condições de Karush-Kuhn-Tucker*
  - a. Problemas com restrições de igualdade*
  - b. Problemas com restrições de desigualdade*
- 5. Algoritmos de otimização para problemas com restrições*
  - a. Método da Lagrangeana aumentada*
  - b. Método de ponto interior*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Techniques for formulating optimization problems with examples from machine learning, communications, energy, control, signal processing, finance*
  - a. Model fitting*
  - b. Model fitting with sparsity regularizers*
  - c. Dynamical systems*
  - d. Robust optimization*
- 2. Convex functions*
  - a. Definition and examples of simple, common convex functions*
  - b. Operations that preserve convexity*
- 3. Optimization algorithms for problems without constraints*
  - a. Gradient method*
  - b. Gauss-Newton*
  - c. Levenberg-Marquardt*
  - d. BFGS*
  - e. Newton method*
- 4. Solving problems via the first-order Karush-Kuhn-Tucker conditions*

- a. Problems with equality constraints*
- b. Problems with inequality constraints*
- 5. Optimization algorithms for problems with constraints**
  - a. Augmented Lagrangian method*
  - b. Interior-point method*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da elaboração do projecto. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through a project, will allow to attain the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*. Introduction to nonlinear optimization: theory, algorithms, and applications with MATLAB, A. Beck, 2014, SIAM;  
Introduction to applied linear algebra: vectors, matrices, and least squares, S. Boyd and L. Vandenberghe. , , 2018,  
CUP; Numerical optimization, J. Nocedal and S. Wright, 2006, Springer*

#### **Mapa IV - Sistemas Autónomos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Sistemas Autónomos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Autonomous Systems*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****Rodrigo Martins de Matos Ventura, 49h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist12116, Pedro Urbano Lima, 21h****TA a designar, 21h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Abordam-se os conceitos fundamentais envolvidos em sistemas compostos por diversos agentes físicos com diversos graus de autonomia (sensores, processadores, actuadores, robots) distribuídos espacialmente. Descrevem-se conceitos e métodos fundamentais de auto-localização na presença de incertezas na observação e no modelo do movimento. Apresentam-se métodos de integração da informação proveniente de vários sensores, para posicionamento e representação do mapa do mundo onde os sensores estão situados, bem como métodos para a resolução de problemas em sistemas cooperativos, incluindo a percepção cooperativa e a atribuição, planeamento e coordenação de tarefas. Termina-se com conceitos fundamentais sobre arquitecturas funcionais, de software e de hardware.**

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

**Fundamental concepts involved in systems composed of diverse physical agents are covered, with diverse autonomy degrees (sensors, processors, actuators, robots) spatially distributed. Fundamental concepts and methods for self-localization under uncertainty on the observation and motion models are described. Methods for integrating the information from multiple sensors are presented, for positioning and for representing the world map where the sensors are situated, as well as methods for problem solving in cooperative systems, including cooperative perception, and task assignment, planning, and coordination. Fundamental concepts on functional, software, and hardware architectures concludes the course.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. [2 h] Introdução aos sistemas autónomos: robots móveis, redes de sensores móveis e estáticos. A incerteza em Robótica.**
- 2. [4 h] Representação probabilística da incerteza: modelos probabilísticos de observação e ação. Inferência Bayesiana. Filtro de Bayes e seus casos particulares.**
- 3. [6 h] Localização Bayesiana.**
- 4. [1 h] Mapeamento probabilístico por grelha de ocupação.**
- 5. [3 h] Localização e Mapeamento simultâneos (SLAM).**
- 6. [6 h] Planeamento de Tarefas: planeamento clássico; planeamento sob incerteza: processos de decisão de Markov (MDPs). Aprendizagem por reforço.**
- 7. [2 h] Representação de planos e coordenação da sua execução. Análise de desempenho.**
- 8. [3 h] Sistemas Cooperativos: Localização e seguimento cooperativo de objectos. Integração sensorial: métodos de fusão sensorial distribuída. Atribuição, planeamento e coordenação de tarefas cooperativas.**
- 9. [1 h] Arquitecturas funcionais, de software e de hardware.**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. [2 h] Introduction to autonomous systems: mobile robots, mobile and static sensor networks. Uncertainty in robotics.**
- 2. [4 h] Probabilistic representation of uncertainty: probabilistic models of observation and action. Bayesian inference. Bayes filter and its particular cases.**
- 3. [6 h] Bayesian localization.**
- 4. [1 h] Probabilistic occupancy grid mapping.**
- 5. [3 h] Simultaneous localization and mapping (SLAM).**
- 6. [6 h] Task planning: classical planning; planning under uncertainty: Markov decision processes (MDP). Reinforcement learning.**
- 7. [2 h] Plan representation and its execution coordination. Performance analysis.**

**8. [3 h] Cooperative systems: cooperative localization and tracking of objects. Sensor integration: distributed sensor fusion methods. Cooperative task assignment, planning, and coordination.**

**9. [1 h] Functional, software, and hardware architectures.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**Projeto realizado em grupo, em torno de tópicos da UC, com progresso apresentado semanalmente, relatório final e apresentação de poster (70%) + Exame escrito individual cobrindo todo o programa (30%).**

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

**Group project involving course topics, with weekly progress presentations, final report, and poster presentation (70%) + Individual written exam covering the course program (30%).**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Probabilistic Robotics, S. Thrun, W. Burgard e D. Fox, 2005, MIT Press; Planning Algorithms, Steven Lavalle, 2006, Cambridge University Press; Reinforcement Learning: an introduction, R. Sutton and A. Barto, 1998, MIT Press; Probabilistic Robotics, Sebastian Thrun, Wolfram Burgard and Dieter Fox, 2005, MIT Press. <http://www.probablistic-robotics.org/>; Artificial Intelligence: A Modern Approach (chaps. 7, 8, and 10), Stuart Russell and Peter Norvig, 2009, Pearson.; Reinforcement Learning: An Introduction (chaps. 3 and 6, Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, 2018, MIT Press; Springer Handbook of Robotics (chaps. 35 and 53), Bruno Siciliano and Khatib Oussama, 2016, Springe**

#### **Mapa IV - Tecnologias dos Sistemas de Computação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Tecnologias dos Sistemas de Computação**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Technologies of Computing Systems**

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

**Eletr**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****Leonel Augusto Pires Seabra de Sousa, ist13348,28h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****José João Henriques Teixeira de Sousa, ist13090, 21h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo principal da disciplina é fornecer aos alunos competências nas tecnologias, circuitos e organização para o projeto de sistemas de computação, abrangendo dos sistemas embebidos à computação de elevado desempenho. A UC adopta uma aproximação aos sistemas da base para o topo, iniciando pelo estudo de componentes principais, como unidades aritméticas, células básicas de memória estática, dinâmica e permanente, processadores e periféricos, até ao nível de sistemas, incluindo e barramentos.*

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

*The main objective of the course is to provide students with skills in technologies, circuits and organization for the design of computing systems, from embedded systems to high performance computing. The UC takes a bottom-up approach, starting with the study of key components, such as arithmetic units, static, dynamic and permanent memory cells, and processors and peripherals, moving then to the system level, including buses and interconnection networks.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Análise e projeto de processadores para sistemas embebidos e HPC, considerando desempenho, custo e consumo de potência. Projeto de sistemas de processamento dedicados (exemplos para criptografia e AI). Células básicas de memória com tecnologia CMOS com funcionamento estático, dinâmico e de gate flutuante para armazenamento permanente. Organização de memórias cache, SDRAM, e SSDs. Propagação de sinais e terminações em barramentos. Barramentos intra-chip (e.g., SoC) e barramentos de sistema com múltiplos mestres. Estudo de casos: PCI and PCMCIA buses. Periféricos e Interfaces I/O. Direct Memory Addressing (DMA). Interrupções. Periféricos de Entrada/saída típicos. Novas tecnologias e paradigmas de computação: computação estocástica, computação quântica e computação baseada em tecnologia DNA.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Analysis and design of processors for embedded systems and HPC, considering performance, cost and power consumption. Design of specialized processors (examples for encryption and AI). CMOS technology basic memory cells with static, dynamic and floating gate operation for permanent storage. Organization of cache memories, SDRAM, and SSDs. Signal propagation and bus terminations. Intra-chip buses (e.g., SoC) and multi-master system buses. Case Study: PCI and PCMCIA buses. Peripherals and I / O Interfaces. Direct Memory Addressing (DMA). Interruptions. Typical Input/Output Peripherals. New technologies and computing paradigms: stochastic computing, quantum computing and DNA-based computing.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*- Computer Systems Design and Architecture- 2nd Edition, V. Heuring, H. Jordan, 2003, Addison-Wesley*  
*- Notes from the classes*

#### **Mapa IV - Segurança das Comunicações**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Segurança das Comunicações*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Communications Security*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist13499, Carlos Nuno da Cruz Ribeiro, 28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist14017, António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo, 84h*

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

*O objetivo do curso é fornecer ao aluno um conjunto de conceitos, metodologias e ferramentas de segurança informática que lhe permita abordar o tema face a um conjunto de tecnologias alargado, tais como: redes locais, redes pessoais, redes globais, desenvolvimento de software, sistemas operativos e sistemas distribuídos.*

*O curso começa por identificar um conjunto de conceitos básicos de segurança para depois educar os alunos a identificar e evitar a criar de vulnerabilidades de vários tipos. De seguida descreve-se um conjunto de ferramentas que permitem evitar, detetar ou minimizar os efeitos de ataques à segurança dos sistemas informáticos.*

*A segunda parte do curso inicia-se com uma breve introdução à criptografia, para depois se fazer uma breve descrição de um conjunto de protocolos de segurança.*

*O curso termina com a descrição de duas áreas de investigação e desenvolvimento de segurança informática em maior crescimento.*

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

*The objective of the course is to provide the student with a set of concepts, methodologies and tools of computer security that allow him to approach the subject in face of a wide set of technologies, such as: local networks, personal networks, global networks, software development, systems, operating systems and distributed systems.*

*The course begins by identifying a set of security basics and then educating students to identify and avoid creating vulnerabilities of various types. It continues describing a set of tools to prevent, detect or minimize the effects of computer system security attacks.*

*The second part of the course begins with a brief introduction to encryption, and then briefly describes a set of security protocols.*

*The course concludes with a description of two fastest-growing areas of computer security research and development.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- *Conceitos básicos*
- 2- *Análise de Vulnerabilidades*
- 3- *Ferramentas de Segurança*
- 4- *Criptografia*
- 5- *Autenticação*
- 6- *Protocolos de Segurança*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1- *Security Concepts*
- 2- *Vulnerability Analysis*
- 3- *Security Tools*
- 4- *Encryption*
- 5- *Authentication*
- 6- *Security Protocols*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Cryptography And Network Security, 7Th Edition, William Stallings; Segurança Em Redes Informáticas, André Zúquete, FCA*

**Mapa IV - Controlo de Sistemas Ciberfísicos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Controlo de Sistemas Ciberfísicos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Control of Cyber-Physical Systems*

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

*SDC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist11886, João Manuel Lage de Miranda Lemos, 28h*

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

*ist13347, João Pedro Canotilho dos Santos Gomes, 63h*

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

*Após frequentar com sucesso esta unidade curricular, os alunos serão capazes de identificar modelos matemáticos para sistemas dinâmicos e, com base neles, projectar controladores realizados em computador, integrando sistemas físicos e computacionais*

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

*After successfully attending this course, students will be able to identify mathematical models for dynamic systems and, based on them, design computer controllers, integrating physical and computational systems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Parte 1 - Modelos e identificação: Modelos lineares em Controlo por Computador e transformada Z. Amostragem.*

**Introdução à estabilidade de sistemas lineares discretos. Modelos de ruído e interacção entre sistemas lineares e processos estocásticos. Modelos ARX e ARMAX. Identificação de sistemas e estimação de parâmetros por mínimos quadrados e máxima verosimilhança. Identificação recursiva.**

**Part 2 - Projeto de controladores: Projecto de controladores lineares para sistemas determinísticos por colocação de pólos e modelo de referência. Condições de robustez. Programação dinâmica e Controlo LQG em tempo discreto. Predição linear. Controlo Estocástico de sistemas lineares (variância mínima e variância mínima dessintonizada). Estimação de estado. Controlo adaptativo. Controlo tolerante a falhas.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Part 1 - Models and identification: Linear models in Computer Control and the Z transform. Sampling. Introduction to the stability of discrete linear systems. Noise models and interaction between linear systems and stochastic processes. ARX and ARMAX models. System identification and parameter estimation by least squares and maximum likelihood. Recursive Identification.**

**Part 2 - Controllers Design: Design of linear controllers for deterministic pole placement systems and reference model. Robustness conditions. Dynamic programming and discrete time LQG control. Linear prediction. Stochastic control of linear systems (minimum variance and minimum detuned variance). State estimation. Adaptive control. Fault tolerant control.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua**

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

**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Digital Control of Dynamic Systems, G. F. Franklin, J. D. Powell and M. Workman, 1997, Addison Wesley, 3rd ed;  
Computer Controlled Systems, K. J. Astrom and B. Wittenmark, 1997, Prentice Hall, 3rd ed**

## Mapa IV - Aprendizagem Automática

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Aprendizagem Automática**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Machine Learning**

**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****SDC*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****49.0*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****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 dos Santos Salvador Marques, ist11994, 56h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Maria Margarida Campos da Silveira, ist14026, 147h******Ana Catarina Fidalgo Barata, ist158472, 42h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Adquirir conhecimentos fundamentais sobre aprendizagem automática em geral, e sobre diversas técnicas de aprendizagem automática. Adquirir a capacidade de utilizar essas técnicas em aplicações concretas e de escolher as técnicas que melhor se adequem a cada situação.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****To acquire basic knowledge about machine learning in general, and about several machine learning techniques. To acquire the capacity to use those techniques in applications and to choose the techniques that are more adequate for each situation.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Conceito de aprendizagem: aprendizagem supervisionada.***
- 2. Regressão linear: custo quadrático, equações normais, regularização.***
- 3. Otimização.***
- 4. Avaliação e generalização: conjunto de treino, teste e validação, validação cruzada.***
- 5. Redes neuronais: perceptrão multicamada, critério de custo, treino do perceção, algoritmo de retropropagação do erro. Redes convolucionais.***
- 6. Classificação de dados. Classificador ótimo (classificador de Bayes).***
- 7. Classificadores lineares: one hot encoding, regressão logística, análise discriminante linear.***
- 8. Máquinas de suporte vectorial: margem rígida, margem suave, classificadores não lineares.***
- 9. Árvores de decisão e florestas aleatórias: impureza, algoritmo ID3, bagging, subespaço aleatório.***
- 10. Selecção e extracção de features***

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Machine learning concept: supervised learning.***
- 2. Linear regression: quadratic cost, normal equations, regularization.***
- 3. Optimization.***
- 4. Evaluation and generalization: train, validation and test sets, cross-validation.***
- 5. Neural networks: multilayer perceptron, cost functional, perceptron training, back-propagation algorithm, convolutional networks.***
- 6. Data classification. Optimal classifier (Bayes classifier).***
- 7. Linear classifiers: on hot encoding, logistic regression, linear discriminant analysis.***

- 8. *Support vector machines: hard margin, soft margin, non linear classifiers.*
- 9. *Decision trees and random forests: impurity, ID3 algorithm, bagging, random subspace.*
- 10. *Feature selection and extraction.*

4.4.6. *Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. *Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: In view of the UC's learning objectives, described in 4, any specialist in the subject will be able to verify that all the points of the syllabus, described in 5, aim to provide students with the knowledge and skills necessary for their fulfillment and the acquisition of those objectives*

4.4.7. *Metodologias de ensino (avaliação incluída): As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante.*

*A avaliação tem três componentes: componente laboratorial (45%), exame final (45%) e competências transversais (10%)*

*A componente laboratorial é composta por três trabalhos de laboratório, feitos em grupos de 2 alunos, e um relatório de síntese. A nota de laboratório resulta da interacção dos alunos com o professor e da nota do relatório.*

*Os trabalhos envolvem o processamento de dados reais em computador. Cada trabalho contém um desafio que envolve a regressão ou a classificação de dados.*

4.4.7. *Teaching methodologies (including students' assessment): The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability.*

*The evaluation has three components: laboratory component (45%), final exam (45%) and transversal skills (10%)*

*The laboratory component consists of three laboratory works, done in groups of 2 students, and a synthesis report. The laboratory grade results from the students' interaction with the teacher and the report grade.*

*The work involves processing real data on a computer. Each work contains a challenge that involves regression or data classification.*

4.4.8. *Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. *Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental work. This approach will not only fulfill the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different backgrounds.*

4.4.9. *Bibliografia de consulta/existência obrigatória: The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction, T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, 2009, Springer;*

*Pattern Classification, R. Duda, P. Hart, D. Stork, 2012,, John Wiley and Sons;*

*Machine Learning slides, j. S. Marques, 2018.*

#### Mapa IV - Sistemas de Navegação

4.4.1.1. *Designação da unidade curricular:*

## **Sistemas de Navegação**

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

***Navigation Systems***

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

***Tele***

### **4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

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

***168.0***

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

***49.0***

### **4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

### **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):**

***ist12960, José Eduardo Charters Ribeiro da Cunha Sanguino, 49h***

### **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 pretende introduzir os princípios básicos de funcionamento dos sistemas de navegação por satélite. Os alunos irão familiarizar-se com as principais características e modo de funcionamento dos actuais sistemas de navegação por satélite. Por questões operacionais, uma maior atenção será dada ao sistema GPS.***

***Em concreto, serão adquiridas competências ao nível da caracterização das órbitas dos satélites, da determinação da posição dos satélites, da análise da geometria relativa emissor-receptor, do efeito de Doppler. Competências adicionais serão adquiridas ao nível da comparação entre diferentes constelações de satélites, da análise da diluição de precisão, da resolução da equação de navegação, do processamento das pseudo-distâncias e das medições de fase, e da integração de receptores GPS em aplicações de posicionamento e navegação.***

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

***This course aims to introduce the basic principles of satellite navigation systems. Students will become familiar with the main features and operation of current satellite navigation systems. Due to operational reasons, more attention will be given to the GPS system.***

***Skills will be acquired in satellite orbit characterization, satellite position determination, satellite-receiver relative geometry analysis, Doppler effect. Additional skills will be gained in comparing different satellite constellations, precision dilution analysis, navigation equation resolution, pseudo-range processing and phase measurements, and the integration of GPS receivers into positioning and navigation applications.***

### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***1. Introdução aos Sistemas de Navegação por Satélite.***

***2. Sistemas de Coordenadas de Referência.***

***3. Órbitas e Constelações: Órbitas dos satélites; Efemérides e elementos keplerianos; Perturbações às órbitas; Geometria relativa emissor-receptor; Dinâmica emissor-receptor, efeito Doppler; Constelações de satélites e áreas de cobertura.***

***4. Posicionamento e Navegação por Satélite: Mensagens de navegação, efemérides dos satélites; Observáveis***

*(pseudo-distâncias, desvios de fase e desvios de frequência da portadora); Estimação da posição do receptor – equação de navegação; Diluição da precisão; Modelos de posicionamento e navegação; Fontes de erro.*

**5. Aplicações e Perspectivas Futuras.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**1. Introduction to Satellite Navigation Systems.**

**2. Reference Coordinate Systems.**

**3. Orbits and Constellations: Satellite orbits; Ephemerides and Keplerian elements; Disturbances in orbits; Satellite-receiver relative geometry; Transmitter-receiver dynamics, Doppler effect; Satellite constellations and coverage areas.**

**4. Satellite Positioning and Navigation: Navigation messages, satellite ephemerides; Observable (pseudorange and carrier phase); Estimation of receiver position - navigation equation; Precision dilution; Positioning and navigation models; Error budget.**

**5. Future Applications and Perspectives**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua;*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Understanding GPS: Principles and applications, E. Kaplan and C. Hegarty, Ed, 2017, 3rd Ed., Boston, MA: Artech House;*

*GNSS - Global Navigation Satellite Systems, B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger and E. Wasle, , 2008, GPS, GLONASS, Galileo & more, Wien: Springer;*

*Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment Interfaces, Interface Specification IS-GPS-200, -, 2019, Revision K, Global Positioning Systems Directorate (<https://www.gps.gov/technical/icwg/IS-GPS-200K.pdf>).*

#### Mapa IV - Transmissão Digital

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Transmissão Digital*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digital Transmission*

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

**Tele**

**4.4.1.3. Duração:**  
**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**49.0**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6.0**

**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):**  
**ist12032, Fernando Duarte Nunes, 49h**

**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 pretende complementar os conhecimentos adquiridos na cadeira de Telecomunicações, focando alguns aspetos importantes da Teoria da Informação, as modulações do tipo espalhamento de espectro e multiportadora, as técnicas de deteção e correção de erros usando códigos mais poderosos que os códigos de blocos e a transmissão em canais com desvanecimento.***

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
***This subject aims to complement the knowledge acquired in the subject of Telecommunications, focusing on some important aspects of the Information Theory, the spread spectrum type and multi-carrier modulations, the error detection and correction techniques using more powerful codes than the block codes, and the transmission in fading channels.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***I- Teoria da Informação. Codificação de fonte. Capacidade do canal gaussiano. Capacidade do canal discreto sem memória.***

***II- Transmissão de pulsos em banda de base. Espectro de potência do sinal PAM. Filtro adaptado. Pulsos de Nyquist. Técnicas de igualização.***

***III- Transmissão digital passa banda. Modulações digitais M-árias. Recetores MAP e ML. Probabilidades de erro de símbolo e de bit. Eficiências espectral e de potência. Sincronização de portadora e de símbolo. Deteção coerente e não coerente.***

***IV- Outras modulações em comunicações sem fios. CPFSK, modulações com espalhamento de espectro. OFDM. Modulações para sistemas globais de navegação por satélite (GNSS).***

***V- Canais com desvanecimento. Modelos estatísticos. Desvanecimento seletivo/não seletivo na frequência. Multipercurso. Recetores para canais com desvanecimento.***

***VI- Técnicas para deteção e correção de erros. Técnicas ARQ e FEC. Códigos de blocos e convolucionais. Outros tipos de códigos (LDPC, turbo códigos).***

**4.4.5. Syllabus:**

***I- Information theory. Source coding. Capacity of the Gaussian channel. Capacity of the discrete memoryless channel.***

***II- Baseband pulse transmission. Power spectrum of the PAM signal. Matched filter. Nyquist pulses. Equalization techniques.***

***III- Bandpass digital transmission. M-ary digital modulations. MAP and ML receivers. Symbol and bit error probabilities.***

**Spectral and power efficiencies. Carrier and symbol synchronization. Coherent and non-coherent detection.**

**IV- Other modulations in wireless communications. CPFSK, Spread spectrum modulations. OFDM. Modulations for Global Navigation Satellite Systems (GNSS).**

**V- Fading channels. Statistical models. Frequency selective/non-selective fading. Multipath. Receivers for fading channels.**

**VI- Techniques for error detection and correction. ARQ and FEC techniques. Block and convolutional codes. Other types of codes (LDPC, turbo codes).**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua;*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

*he teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Transmissão Digital, F. Nunes,, IST (em inglês);*

*Principles of Digital Transmission, with Wireless Applications, S. Benedetto and E. Biglieri, 1999, Kluwer;*

*Digital Communications, J. Proakis, 2001, McGraw-Hill, fourth edition.*

#### **Mapa IV - Electrónica de Potência**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Electrónica de Potência*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Power Electronics*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****Marcelino Bicho dos Santos, ist13261, 24h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Jorge Manuel dos Santos Ribeiro Fernandes, ist13276, 25h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****No fim da unidade curricular os alunos serão capazes de:**

- **analisar um conversor, identificando a função principal de cada dispositivo e os seus parasitas**
- **projetar o esquema da parte de potência de conversores buck, boost e buck-boost**
- **projetar o esquema da parte de potência de conversores flyback, push pull, bridge e half bridge**
- **desenhar a forma de onda da tensão nos nós e da corrente nos ramos, para o modo de funcionamento contínuo e descontínuo, dos conversores anteriores**
- **obter o modelo de sinais fracos baseado no modelo da média**
- **simular o modelo linearizado usando o DC transformer model**
- **controlar a tensão de saída usando controlo histerético, em modo tensão e corrente**
- **analisar a estabilidade**
- **compreender as condicionantes de conversores integrados: dispositivos disponíveis, parasitas, nº de pinos, limites de tensão e de corrente**
- **projetar, ao nível de bloco, o esquema de conversores lineares e charge-pumps**

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****By the end of the course, students will be able to:**

- **analyze a converter taking into account the main role of each device and also parasitics**
- **design the schematic of the power section of a buck, boost and buck-boost**
- **design the schematic of the power section of a flyback converter, push pull, bridge and half bridge converters**
- **draw the waveform of node voltages and branch currents for continuous and discontinuous operation modes of previous converters**
- **create the small signal model of a converter using the average model**
- **simulate the linearized model of a converter using the DC transformer model**
- **design control loops for switching converters using hysteretic, voltage and current mode control**
- **evaluate stability of switched converters**
- **understand the constraints of on-chip converters: available devices, parasitics, number of pins, voltage and current limit**
- **design, block level, schematic of linear converter and charge-pump**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- Fundamentos de circuitos de potência: física básica dos dispositivos e circuitos, classificação dos conversores, rendimento.**
- 2- Conversores comutados: Modulação da largura de impulso e de frequência. Conversores DC-DC: buck, boost e buck-boost.**
- 3- Conversores DC - DC com isolamento galvânico: conversor directo, conversor de retorno, conversor de comutação alternada, e conversor em ponte. Análise nos modos de funcionamento contínuo e descontínuo.**
- 4- Modelação e análise de conversores comutados: Modelo ideal de valor médio. Cálculo de rendimentos. Modelo dinâmico de sinais fracos: modelo da média dos estados.**
- 5- Controlo de conversores comutados: controlo PWM em modo tensão, corrente e histerético.**
- 6- Integração de conversores: geração da tensão de referência, conversores redutores lineares e comutados,**

*conversores elevadores, charge-pumps, PSRR, regulação de linha e de carga.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1- *Power Supply Circuit Fundamentals: Basic physics of power devices and circuits, converters classification, efficiency.*
- 2 - *Switching converters: Pulse width modulation and frequency modulation. DC-DC converters: buck, boost and buck-boost.*
- 3- *DC - DC converters with galvanic isolation: direct converter, flyback converter, push pull, bridge and half bridge converters. Analysis of the continuous and discontinuous conduction modes.*
- 4- *Modeling and Analysis of Switching Converter: Ideal DC model (DC current transformer model). Small signal models: average model.*
- 5- *Control Schemes of Switching Converters: Voltage-mode PWM control, hysteretic PWM control, Current-mode control.*
- 6- *On-Chip Voltage Converters: Voltage reference circuits, linear and switched step-down converters, step-up converters, charge-pumps, PSRR, line and load regulation*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 4, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% avaliação continua, 50% avaliação não continua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Handbook of Power Management Circuits: , Haruo Kobayashi, Takashi Nabeshima, 2016, CRC Press. ; Fundamentals of Power Electronics, Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic,, 2nd edition 2004, Kluwer*

### Mapa IV - Radiopropagação para Comunicações e Sensores

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Radiopropagação para Comunicações e Sensores*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Radiowave Propagation for Communications and Sensors*

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

*Tele*

#### 4.4.1.3. Duração:

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****ist11916, Carlos António Cardoso Fernandes, 21h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist12319, António Luis Campos da Silva Topa, 28h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

**Analisar os aspectos físicos e apresentar modelos para a propagação rádio no contexto de aplicações mais recentes, como o 5G e 6G, redes corporais, IoT, localização em ambientes interiores, imagiologia por microondas e deteção remota. Analisar brevemente também os modelos clássicos da propagação rádio em serviços como radiodifusão, feixes hertzianos e radar.**

**Pretende-se que, no final desta UC, os alunos tenham adquirido pensamento autónomo para abordar os desenvolvimentos futuros das telecomunicações, sem ficarem limitados pelas regras de projecto conhecidas.**

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

**To analyze the physical aspects and to present radiowave propagation models in the context of the latest applications such as 5G and 6G, body area networks, IoT, indoor location, microwave imaging and remote sensing. Also to briefly analyze the classic models of radio propagation in services such as broadcasting, microwave links and radar.**

**At the end of this course, students are expected to have acquired autonomous thinking to address future telecommunications developments without being constrained by known fixed design rules.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**As comunicações rádio evoluíram das ligações de longa distância para um novo paradigma em que as distâncias encurtaram, no limite até ao cm nas redes corporais. Essa redução, o aumento da largura de banda e consequente deslocação do espectro para frequências mais altas, tornaram mais complexa a descrição dos fenómenos que afetam a propagação. A sua caracterização adequada passou a ser vital para a viabilidade dos novos sistemas. Este é foco do programa da UC:**

- 1. Propagação rádio em presença da Terra (reflexão, difracção, refracção e absorção);**
- 2. Efeitos de mutipercurso e sombra em ambiente de comunicações móveis e de sensores; modelos determinísticos e estatísticos sub-6 GHz;**
- 3. Propagação em ondas milimétricas, para 5G e 6G, canais multi-dimensionais.**
- 4. Propagação em redes de sensores corporais. Efeitos biológicos.**
- 5. Imagiologia por microondas para aplicações de segurança e médicas. Deteção remota.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Radio communications have evolved from long-distance links to a new paradigm where distances have shortened, even to the limit of cm in body area networks. Reducing distance, increasing bandwidth and consequently shifting the spectrum to higher frequencies has made the description of the phenomena affecting propagation more complex. Proper characterization has become vital to the viability of the new systems. This is the focus of the UC program, centred on the physical aspects.**

1. *Introduction to radiowave propagation in the presence of the Earth (reflection, diffraction, refraction and absorption);*
  2. *Multipath and shadowing effects in mobile and sensor applications; deterministic models and sub-6 GHz statistical models;*
  3. *Millimeter wave propagation, for 5G and 6G, multi-dimensional channels.*
  4. *Propagation in body sensor networks. Biological effects.*
  5. *Microwave imaging for safety and medical applications. Remote sensing.*
- 4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*
- 4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*
- 4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*
- 4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*
- 4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*
- 4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Radio Engineering for Wireless Communicatoins and Sensor Applications, Antí V. Raisanen, Arto Lehto, 2003, Artech House;*  
*Propagation of Radiowaves (2nd ed), Les Barclay, 2003, The IET;*  
*Apontamentos da UC (sebenta)*

#### Mapa IV - Atividades Extracurriculares II

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

*Atividades Extracurriculares II*

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

*Extracurricular Activities II*

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

*OL*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****0.0****4.4.1.6. ECTS:****3.0****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 Urbano de Almeida Lima, 0h****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):**

***Estimular os estudantes a adquirirem, de forma diversificada e complementar, conhecimentos e competências comportamentais, sociais, culturais, científicas, tecnológicas e profissionais, através da realização de atividades extracurriculares. Atualmente além de um percurso curricular que fornece provas de conhecimentos científicos/tecnológicos bem consolidados, os empregadores valorizam o percurso extracurricular dos alunos nas suas diversas vertentes.***

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

***To stimulate students to acquire, in a diversified and complementary way, behavioral, social, cultural, scientific, technological and professional knowledge and skills through extracurricular activities. Currently, in addition to scientific/technological knowledge, employers value the extracurricular course of students in its various aspects.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***No quadro desta unidade curricular serão creditadas atividades realizadas pelos estudantes, individualmente ou em grupo, que tenham um cariz essencialmente extra-curricular.***

***1) As atividades extracurriculares devem ser creditadas por pedido dos alunos em uma ou duas unidades curriculares denominadas Atividades Extracurriculares I e II (AE I e AE II) com 3 ECTS cada, oferecidas a todo o universo de alunos dos 2º. Ciclos (mestrado) do IST.Em cada uma destas UC de 3 ECTS os alunos devem realizar uma (ou mais) atividade(s) extracurriculares com esforço total de pelo menos 84 horas.***

***2) Os coordenadores de cada curso deverão reservar espaço na sua grelha de 2º. Ciclo para que os alunos, se assim o entenderem, possam escolher AE I/AEII***

**4.4.5. Syllabus:**

***In this curricular unit activities carried out by students, individually or in groups, which have an essentially extra-curricular nature, will be credited.***

***1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total effort of at least 84 hours.***

***2) Coordinators of each course must reserve space on their 2nd cycle gridso that students, if they wish, can choose AE I/AE II***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*1) A efectiva realização da actividade, exigindo-se um certificado das entidades onde realizaram as actividades extracurriculares, 2) AE I ou AE II tem avaliação do tipo aprovado/ não aprovado.*

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

*(1) a certificate from the entities where the extracurricular activities took place, is required (2) AE I or AE II has approved/unapproved type assessment.*

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

*N/A.*

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

*N/A.*

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

*N/A.*

**Mapa IV - Máquinas Eléctricas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Máquinas Eléctricas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electrical 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 28; PL - 21;*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*Optativa*

**4.4.1.7. Observations:**

*Optional*

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

*Paulo José da Costa Branco, ist13330, 35h*

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

*João Filipe Pereira Fernandes, ist158045, 28h*

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

*Com a frequência desta disciplina os alunos devem adquirir as seguintes competências:*

*Saber analisar circuitos magnéticos com saturação magnética. Descrever os elementos construtivos do transformador e suas funções. Calcular o regime permanente (equilibrado e desequilibrado) de transformadores trifásicos. Determinar as forças electromagnéticas e aplicar metodologias para representar sistemas electromecânicos por parâmetros concentrados. Descrever funcionalmente os elementos construtivos das máquinas eléctricas rotativas mais comuns e quantificar os seus princípios de funcionamento. Quantificar perdas e rendimento dos processos de conversão de energia. Usar modelos de circuitos das máquinas eléctricas rotativas usuais para quantificar o regime permanente e suas características. Descrever e quantificar o funcionamento e formas de comando das máquinas eléctricas (geradores e motores).*

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

*With this curricular unit students must acquire the following skills:*

*To know how to analyze magnetic circuits with magnetic saturation.*

*To describe the constructive elements and main function of a three-phase transformer.*

*To calculate the steady state (balanced and unbalanced) operation of three-phase transformers.*

*To compute the electromagnetic forces and to apply methodologies to represent electromechanical systems by lumped parameters.*

*To know how to describe the constructive elements of the most common rotating electrical machines and their operating principles.*

*To know how to quantify power losses and efficiency in energy conversion processes.*

*To use circuit models of typical rotating electrical machines for quantification of their steady-state characteristics.*

*To describe and quantify the operation and command of electrical machines (motors and generators).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Circuito magnético: efeitos da saturação magnética e entreferro, perdas no ferro, circuitos com magnetos permanentes. Transformadores trifásicos: soluções construtivas, representação por circuitos equivalentes, regimes permanente equilibrado/desequilibrado.*

*Conversão eletromecânica de energia. Aspectos construtivos das máqs. eléctricas rotativas: campo girante, pólos, binário médio, e enrolamento trifásico de dupla camada.*

*Motor BLDC. Aplicações industriais.*

*Soluções construtivas da máq. de indução, regime permanente, representação por circuitos equivalentes.*

*Funcionamento motor/gerador. Regimes equilibrado/desequilibrado. Motores monofásicos. Comando V/f. Aplicações: bombas, ventiladores, compressores, sistema de transporte por correia, elevadores de carga e de passageiros.*

*Soluções construtivas das máqs. síncrona. Representação por circuitos equivalentes e em componentes de Park.*

*Funcionamento motor. Aplicação na tração eléctrica.*

*Máqs. eléctricas supercondutoras: uma introdução.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Magnetic circuit: effects of magnetic saturation, airgap, iron and copper losses, and permanent magnets.*

*Three-phase transformers: constructive solutions, representation by equivalent circuits, steady-state, balance,d, and unbalanced regimes.*

*Electromechanical energy conversion. Constructive aspects of rotating electrical machines: rotating magnetic field, poles, average torque, and three-phase double-layer windings.*

*BLDC motors. Industrial applications.*

*Constructive solutions of induction machines, steady-state, equivalent circuit representation. Motor/generator operation. Balanced/unbalanced regimes. Single-phase motors. Scalar-V/f command. Industrial applications: pumps, fans, compressors, belt conveyors, freight and passenger lifts.*

*Constructive solutions of synchronous machines. Equivalent circuit representation and Park components. Motor operation. Application for electric traction.*

*Superconducting electrical machines: An introduction.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC de Máquinas Eléctricas, descritos anteriormente, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos também anteriormente, visam dotar os alunos em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da área de Energia com os conhecimentos e competências necessárias ao seu correto cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*In view of the learning objectives of the UC of Electric Machines, described before, any specialist in the subject will be*

*able to verify that all points of the syllabus, described also before, aim to equip students in Electrical and Computer Engineering in the Energy area with the knowledge and skills necessary for its correct fulfillment and the acquisition of said objectives.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ). Especificamente, a UC de Maquinas Eléctricas terá as seguintes percentagens de avaliação: 50% de avaliação contínua (laboratorial) + 50% de avaliação não contínua (exame).*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ). Specifically, the Electric Machinery CU will have the following percentages of assessment: 50% of continuous assessment (laboratory) + 50% of non-continuous assessment (exam).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes, problem solving of real cases, and experimental work. This approach will not only fulfill the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different backgrounds and backgrounds.*

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

- *Electrical Machinery, A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Stephan D. Umans, McGraw - Hill 6th Edition*
- *Beatty, H. Wayne, and James L. Kirtley, Jr. Electric Motor Handbook. McGraw-Hill, 1998.*
- *Kirtley Jr., James L. Electric Power Principles: Sources, Conversion, Distribution and Use. Wiley, 2010.*

**Mapa IV - Nanotecnologias**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Nanotecnologias*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nanotechnologies*

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

*BNMR*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*42.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12146, Joao Pedro Estrela Rodrigues Conde, 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):**

*Esta UC temos seguintes objectivos específicos:*

- *conhecer os princípios básicos, aplicações, e potenciais desenvolvimentos dos microssistemas e das nanotecnologias;*
- *compreender a informação científica na área dos microssistemas e nanotecnologias;*
- *ser capaz de resolver quantitativamente problemas simples em microssistemas e nanotecnologias;*
- *ser capaz de propôr respostas conceptuais a problemas complexos utilizando as ferramentas oferecidas pelos microssistemas e nanotecnologias.*

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

*This UC has following specific objectives:*

- *know the basic principles, applications, and potential developments of microsystems and nanotechnologies;*
- *Understand the scientific information in the area of microsystems and nanotechnologies;*
- *be able to quantitatively solve simple problems in microsystems and nanotechnologies;*
- *be able to propose conceptual answers to complex problems using the tools offered by microsystems and nanotechnologies.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*A primeira parte introduz as técnicas de micro e nanofabricação “top-down” utilizando tecnologia planar com uma descrição das operações de deposição, gravação, e litografia. É feito um estudo de dispositivos lab-on-a-chip, incluindo microfluídica e microreactores para análise e processamento químico e biológico, assim como MEMS, NEMS, sistemas nanofluídicos e BioMEMS.*

*A segunda parte introduz os processos “bottom-up” baseados na auto-organização molecular. Microscopias de varrimento de sonda. Estruturas supramoleculares, nanotubos de carbono, grafeno, nanofios, nanopartículas, SAMs. Discutir-se-ão aplicações em electrónica molecular, entrega de fármacos, fenómenos de superfície e nanomateriais. Discussão das aplicações actuais e potenciais de micro e nanoestruturas baseadas em DNA, proteínas e células. Novas direcções da Nanobiotecnologia serão discutidas, nomeadamente nanoporos, métodos evolutivos e motores moleculares.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Part one introduces top-down micro and nanofabrication techniques using planar technology with a description of deposition, etching, and lithography operations. A study of lab-on-a-chip devices, including microfluidics and microreactors for chemical and biological analysis and processing, as well as MEMS, NEMS, nanofluidic systems and BioMEMS is performed.*

*The second part introduces bottom-up processes based on molecular self-organization. Probe Scanning Microscopy. Supramolecular structures, carbon nanotubes, graphene, nanowires, nanoparticles, SAMs. Applications in molecular electronics, drug delivery, surface phenomena and nanomaterials will be discussed. Discussion of current and potential applications of micro and nanostructures based on DNA, proteins and cells. New directions of Nanobiotecnology will be discussed, including nanopores, evolution methods and micromotors.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning*

*outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Fichas de avaliação durante as aulas (50%) + Apresentação Individual (30%) + Miniprojeto (20%)*

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

*Assessment sheets during class (50%) + Individual Presentation (30%) + Mini Project (20%)*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Nanobiotechnology, C.M. Niemeyer, C.A. Mirkin (Eds.), 2004, Wiley-VCH, Weinheim; Introduction to Nanoscale Science and Technology, M. di Ventra, S. Evoy, J.R. Heflin, Jr. (Eds.), 2004, Springer, New York; Introduction to Nanotechnology, Charles P. Poole, Jr., Frank J. Owens, 2003, Wiley, New York; Introduction to Nanoscience, S.M. Lindsay, 2010, Oxford University Press.*

**Mapa IV - Energias Renováveis e Produção Descentralizada**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Energias Renováveis e Produção Descentralizada*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Renewable Sources and Distributed 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12375, Rui Manuel Gameiro de Castro, 126*

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

*ist428549, Hugo Gabriel Valente Moraes, 42  
1 TA a contratar, 42*

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

*A UC ERPD pretende transmitir conhecimentos e discutir aspetos de engenharia consolidada ou em fase adiantada de consolidação nos domínios das energias renováveis (fotovoltaica, eólica e mini-hídrica), e, em geral, da produção descentralizada de energia. Objetiva-se estimular os alunos a raciocinar sobre os novos problemas decorrentes da integração das fontes de energia renováveis no sistema de energia eléctrica, e, também, de lhes dar uma formação complementar na área do projecto electrotécnico destas instalações, incluindo a sua vertente económica.*

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

*ERPD intends to provide knowledge and discuss aspects of consolidated or advanced engineering in the field of renewable energy (photovoltaic, wind and mini-hydro), and, more generally, distributed energy sources. It aims to encourage students to think about the new problems coming from the integration of renewable energy sources in the power system, and also to provide additional training in designing these installations, including the economic assessment.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 – Caracterização do sector eléctrico português; 2 – Critérios de avaliação económica; 3 – Energia fotovoltaica; 4 – Energia eólica; 5 – Equipamento eléctrico dos geradores eólicos; 6 – Energia mini-hídrica; 7 – Cogeração.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1) The Portuguese power system; 2) Economic assessment of renewable energy projects; 3) PV power; 4) Wind power; 5) Electric generators for wind-turbine generators; 6) Small-hydro power; 7) Combined heat and power.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*

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

*The teaching methodologies focus on the learning based on the solution of problems and projects so as to reinforce the practical component, the active learning, the autonomous work and the responsibility of the student. The assessment model includes continuous assessment in the framework of the active learning (for instance, projects, homework, quizzes,...) in order to decrease the weight of the final exam assessment ( $\leq 50\%$ ).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Uma Introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-Hídrica, Rui Castro, 2018, IST Press, 3ª edição (in Portuguese); AC Electrical Circuits for non-Electrical Engineers, Rui Castro, September 2018, Support text, IST; Economic Assessment of Renewable Energy Projects, Rui Castro, February 2018, Support text for Renewable Energy Course, IST; PV Power, Rui Castro, September 2018, Support text for Renewable Energy Course, IST; Wind Power, Rui Castro, October 2018, Support text for Renewable Energy Course, IST; Wind Energy Conversion Equipment, Rui Castro, February 2019, Support text for Renewable Energy Course, IST; Small-Hydro Power, Rui Castro, October 2018, Support text for Renewable Energy Course, IST*

**Mapa IV - Circuitos de Ultra-Baixo Consumo****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Circuitos de Ultra-Baixo Consumo*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Ultra Low Power Circuits*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 dos Santos Ribeiro Fernandes, ist13276, 20h*

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

*Marcelino Bicho dos Santos, ist13261, 8h*

*Paulo Ferreira Godinho Flores, ist12857, 12h*

*Joao Manuel Torres Caldinhas Simoes Vaz, ist12567, 9h*

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

*Espera-se que os alunos 1) entendam o contexto da operação dos circuitos ULP em dispositivos alimentados por baterias, em aplicações de baixo consumo e baixa frequência e em aplicações de com reduzido duty-cycle; 2) ser capaz de projetar circuitos analógicos e digitais para correntes e tensões extremamente reduzidas, com transistores operando na região do sublimiar, o que envolve dimensionar tensões abaixo da tensão de limiar limites dos dispositivos.*

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

*This course envisages studying energy-aware analog and digital CMOS circuit design techniques ultra-low-power (in subthreshold region) systems. Students are expected to 1) understand the context of ULP circuits operation in battery powered devices, low-power low frequency applications, and low duty-cycle applications; 2) be able to design analog*

**and digital circuits operating with extremely low currents and voltages, with transistors operating in sub-threshold region, which involves scaling voltages below the device thresholds.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Circuitos ULP

- 1.1. *Optimização de consumo de energia*
- 1.2. *Transistor em inversão fraca*
- 1.3. *Modelo EKV do transistor MOS*
- 1.4 *Tecnologias Bulk e SOI*

##### 2. Projecto de Circuitos Analógicos ULP

- 2.1. *Espelhos de corrente*
- 2.2. *Amplificadores*
- 2.3. *Referências de tensão e de corrente*
- 2.4 *Osciladores*
- 1.5. *Circuitos translineares*
- 1.6. *Circuitos colectores de energia*

##### 3. Projecto de Circuitos Digitais ULP

- 3.1. *Power gating, isolamento e conversão de níveis*
- 3.2. *Clock gating*
- 3.3. *Circuitos assíncronos*
- 3.4. *Memória de retenção*
- 3.5. *Variação dinâmica de tensão de alimentação e de frequência*

##### 4. ULP System Level Design

- 4.1. *Decisões ao nível de arquitecturas*
- 4.2. *Exemplos*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. ULP Circuits

- 1.1. *Minimizing Energy Consumption*
- 1.2. *Weak inversion region*
- 1.3. *EKV Model of the MOS transistor*
- 1.4 *Bulk and SOI technologies*

##### 2. ULP Analog Circuit Design

- 2.1. *Current mirrors*
- 2.2. *Amplifiers*
- 2.3. *Voltage and Current references*
- 2.4 *Oscillators*
- 1.5. *Translinear circuits*
- 1.6. *Energy harvesting*

##### 3. ULP Digital Circuit Design

- 3.1. *Power gating, isolation and level converters*
- 3.2. *Clock gating*
- 3.3. *Asynchronous circuits*
- 3.4. *Retention memory*
- 3.5. *Dynamic voltage and frequency scaling*

##### 4. ULP System Level Design

- 4.1. *Architecture level decisions*
- 4.2. *Case Studies*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Sub-threshold Design for Ultra Low-Power Systems, Wang, Alice, Calhoun, Benton Highsmith, Chandrakasan, Anantha P., 2006, Springer, ISBN: 978-0-387-33515-5*

**Mapa IV - Accionamentos e Veículos Eléctricos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Accionamentos e Veículos Eléctricos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electrical Drives and Electrical 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP - 28; PL - 21;*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*Optativa*

**4.4.1.7. Observations:**

*Optional*

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

*Paulo José da Costa Branco, ist13330, 28h*

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

*João Filipe Pereira Fernandes, ist158045, 21h*

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

**Após a frequência da disciplina os alunos devem adquirir as seguintes competências: Conhecer a constituição dos sistemas de acionamento electromecânico e saber estabelecer soluções de acordo com os requisitos específicos fixados pela carga e pela fonte de alimentação eléctrica. Conhecer e saber utilizar modelos dinâmicos das máquinas e conversores eletrónicos para quantificar aspectos funcionais. Compreender, saber descrever, e saber analisar soluções típicas de comando de sistemas de acionamento de velocidade variável. Saber analisar, descrever e avaliar o desempenho de sistemas de propulsão de veículos eléctricos, bem como acionamentos eléctricos industriais.**

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

**The goal of this curricular unit is to provide students the following skills:**

**To know the main components of electromechanical drives and how to establish solutions according to the specific requirements set by the load and the power supply.**

**To know how to apply dynamic models of electrical machines and electronic converters, being capable of quantifying their functional aspects.**

**To understand, describe and analyze typical control solutions for variable speed drive systems.**

**To know how to analyze the performance of propulsion systems for electric vehicles and also industrial electric drives.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**Constituição de um acionamento de velocidade variável. Veículos eléctricos e caracterização das fontes de energia (baterias de Lítio, pilhas de combustível “Fuel-cells” tipo PEM “Proton Exchange Membrane”). Caracterização de cargas mecânicas industriais mais comuns e impostas ao sistema de tração de veículos eléctricos.**

**Soluções de conversores electromecânicos. Aspetos funcionais dos principais conversores eletrónicos em veículos eléctricos.**

**Modelos em componentes de Park de conversores rotativos (motor de indução, síncrono de magnetos permanentes, síncrono de relutância).**

**Descrição e caracterização de metodologias usadas no comando de acionamentos de velocidade variável (V/f ou escalar, orientação de campo “Field-Oriented Control” e DTC “Direct Torque Control”). Técnicas de modulação (PWM sinusoidal, SVM “SpaceVectorModulation”).**

**Casos de estudo: projeto, simulação e avaliação de sistemas de propulsão eléctrica para veículos, aplicações típicas na indústria.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Main components of a variable speed drive. Electric vehicles and characterization of energy sources (Lithium batteries. Fuel-cells (PEM Proton Exchange Membrane). Supercapacitors.**

**Characterization of the most common mechanical loads in industrial systems and in electric vehicles.**

**Electromechanical converter solutions. Functional aspects of the main electronic converters in electric vehicles.**

**Park component models for electric machines (induction machines, permanent magnet synchronous machines, reluctance synchronous machines).**

**Description and characterization of methodologies used in the control of variable speed drives (V/f or scalar, Field-Oriented Control (FOC) and Direct Torque Control (DTC)).**

**Modulation techniques (sinusoidal PWM, Space Vector Modulation (SVM)).**

**Case studies: design, simulation and evaluation of electric propulsion system for vehicles, typical applications in the industry.**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC de Accionamentos e Veículos Eléctricos, descritos no ponto 3, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos no ponto 5, visam dotar os alunos em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da área de Energia com os conhecimentos e competências necessárias ao seu correto cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**In view of the learning objectives of the UC of Electrical Drives and Electrical Vehicles, described before, any specialist in the subject will be able to verify that all points of the syllabus, described previously, aim to equip students in Electrotechnical and Computer Engineering in the area of Energy with the knowledge and skills necessary for its fulfillment and the acquisition of those objectives.**

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante.**

**O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).**

**Especificamente, a UC de Accionamentos e Veículos Eléctricos terá as seguintes percentagens de avaliação: 50% de avaliação contínua (laboratorial) + 50% de avaliação não contínua (exame).**

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams (≤50%). Specifically, the UC of Electrical Drives and Electrical Vehicles will have the following percentages of assessment: 50% of continuous assessment (laboratory) + 50% of non-continuous assessment (exam).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

- Leonhard, W. (2012). *Control of Electrical Drives*. Springer Science & Business Media
- Anne Hayes, J. G., & Goodarzi, G. A. (2017). *Electric Powertrain: Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles*. John Wiley & Sons.
- Abu-Rub, H., Iqbal, A., & Guzinski, J. (Eds.). (2012). *High-performance control of AC drives with MATLAB/Simulink models*. John Wiley & Sons.

**Mapa IV - Produção e Consumo de Energia Eléctrica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Produção e Consumo de Energia Eléctrica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Production and Demand of Electric Energy*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*José Manuel Dias Ferreira de Jesus, 28h*

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

*Hugo Gabriel Valente Morais, ist428549, 42h*

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

*A disciplina visa dar formação no âmbito dos processos convencionais que permitem a conversão de diferentes formas de energia em energia eléctrica. A disciplina visa também dar formação no âmbito da caracterização e previsão dos consumos de energia eléctrica.*

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

*The course aims at giving the foundations of the conversion of any form of energy in electrical energy. It also aims at giving the basis of electricity demand and load/energy forecasting techniques*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 Introdução. Fundamentos de Energia*
- 2 Propriedades Termodinâmicas das Substâncias*
- 3 Centrais Térmicas a Vapor. O Ciclo de Rankine*
- 4 Centrais Equipadas com Turbinas a Gás. O Ciclo de Brayton*
- 5 Centrais Hidroeléctricas*
- 6 Consumo de Energia Eléctrica*
- 7 Previsão de Cargas*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 Introduction. Power, Energy and Energy Forms*
- 2 Properties of Pure Simple Compressible Substances*
- 3 Vapour Power Systems. The Rankine Cycle*
- 4 Gas Power Systems. The Brayton Cycle*
- 5 Hydro Power Systems*
- 6 Electric Power Demand*
- 7 Load/Energy Forecasting*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*"Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5."*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams ( $\leq 50\%$ ).*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Redes de Energia Eléctrica. Uma Análise Sistemática, José Pedro Sucena Paiva, 2005, IST Press; Hidráulica, António Carvalho Quintela, 2000, Fundação Calouste Gulbenkian; Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Michael Moran Howard Shapiro, 1998, John Wiley & Sons; Applied Statistics and Probability for Engineers, Montgomery, Runger, 1994, John Wiley & Sons*

**Mapa IV - Projecto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Electrotécnica e de Computadores****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Projecto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Electrotécnica e de Computadores*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*2nd Cycle Integrated Project in Electrical and Computer Engineering*

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

*Diss*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*14.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 Urbano de Almeida Lima, 0h*

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

*Corpo docente depende dos projetos supervisionados.*

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

*Projecto Integrador tem a duração de um semestre e é enquadrável em uma de três modalidades: 1. Projecto científico, 2. Projecto em empresa e 3. Projeto SCOPE. Os objetivos de aprendizagem dependerão do projeto específico, mas, em geral, os estudantes deverão:*

- aplicar os conhecimentos adquiridos na licenciatura no desenvolvimento de um projeto científico, tecnológico ou de gestão.*
- estender os seus conhecimentos a áreas não cobertas na licenciatura.*
- pesquisar, obter, compilar e resumir informações (científicas, técnicas, legislação, entrevistas, inquéritos) relevantes para o projeto.*
- planear e executar experiências, analisar e interpretar dados, desenvolver modelos matemáticos,*

*realizar simulações em computador.*

- *desenvolver competências intrapessoais, interpessoais e de pensamento crítico e inovador.*
- *escrever e apresentar oralmente e discutir um relatório técnico.*

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

*The integrated project may fall within one of three modalities: 1. Scientific project, 2. Company project and 3. SCOPE project. Learning objectives will depend on the specific project, but in general students should:*

- *apply the knowledge acquired during their degree to undertake a project of a scientific, technological or management nature.*
- *extend their knowledge to areas not covered in their degree.*
- *search, obtain, compile and summarize information (scientific, technical, legislation, interviews, polls) relevant to the project - plan and execute experiments, analyse and interpret data, develop mathematical models, perform computer simulations*
- *develop Critical and Innovative Thinking, Intrapersonal and Interpersonal Skills. - write and orally present and discuss a technical report.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*O projeto é definido inicialmente pelos orientadores ou sob orientação dos mesmos. Pode ser realizado individualmente ou em grupo, no IST ou fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas). As seguintes modalidades são possíveis:*

- 1. Projecto científico: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.*
- 2. Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.*
- 3. Projeto SCOPE: trabalho em equipa multidisciplinar com base em problemas/desafios reais e complexos apresentados por empresas ou instituições e que exigem contribuições de alunos de diferentes cursos do IST/ULisboa.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*The project is initially defined by the supervisors or under the supervisors guidance. It can be carried out individually or in groups, and take place at IST or outside IST (universities, research centers or companies). The following modalities are possible:*

- 1. Scientific project: an in-depth and academically rigorous analysis of a scientific, technological or management challenge. May include experimental and/or computational work.*
- 2. Company project: individual project focused on a specific challenge posed by a host company that requires a solution or analysis targeted for short term implementation.*
- 3. SCOPE project: multidisciplinary team work based on real and complex problems/challenges posed by companies or other institutions that require inputs from students from different courses of IST or the University of Lisbon.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*Para os projectos de modalidade 1 e 2, deve ser submetida para avaliação um relatório e feita uma discussão por júri constituído por (no mínimo) de dois docentes.*

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

*For project types 1 and 2 a report must be submitted for evaluation and discussion by a jury of at least two professors.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Depende do tópic do projecto.*

#### **Mapa IV - Sistemas em Circuito Integrado**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Sistemas em Circuito Integrado*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Systems On-Chip*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*Marcelino Bicho dos Santos, ist13261, 24h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*Jorge Manuel dos Santos Ribeiro Fernandes, ist13276, 25h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*No final da unidade curricular os alunos serão capazes de:*  
*- compreender o propósito de cada passo do frontend e do backend do projeto de SoC*  
*- fazer a síntese lógica de circuitos digitais com o Design Vision*  
*- fazer o backend com o SoC Encounter*  
*- escrever o modelo verilog de circuitos analógicos simples*  
*- escolher o regulador de tensão apropriado para cada domínio de tensão*  
*- definir valores a usar por omissão no arranque do sistema*

- *definir a sequência para ligar e desligar o sistema*
- *escolher compromissos para processadores e memórias tendo em vista as especificações do sistema*
- *integrar conversores AD e DA no SoC*
- *definir o mapa de registos para configuração e monitorização do sistema por SPI ou I2C*
- *projectar o PAD ring do SoC*
- *inserir uma cadeia de scan num circuito digital usando o DFT Compiler*
- *gerar vectores de teste para um circuito usando o TetraMax*
- *planear o teste de blocos analógicos*

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

*By the end of the course, students will be able to:*

- *understand the purpose of frontend and backend SoC design steps*
- *perform the logic synthesis of digital circuits with Design Vision*
- *perform the backend of digital circuits with SoC Encounter*
- *design verilog models for simple analog circuits*
- *select the appropriate voltage regulator for each supply domain*
- *define default startup values*
- *define a SoC power up/down sequence*
- *make processor and memory system-level tradeoffs to meet application requirements*
- *interface data converters in a SoC*
- *define a register map table for system configuration and monitorization through SPI or I2C*
- *design the PAD ring of a SoC*
- *insert scan in digital circuit using DFT Compiler*
- *generate test patterns for a digital circuit using TetraMax*
- *plan the test of analog blocks*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Projeto de SoC*
- *Projeto digital (frontend e backend)*
- *Modelação de blocos analógicos (verilog)*
- *Frontend e backend de SoC*
- *Integração de circuitos em SoC*
- *Unidade de gestão de energia (reguladores de tensão, inicialização do sistema, osciladores e relógios de tempo real)*
- *Processamento digital (processador e para aplicações específicas)*
- *Memórias (RAM, ROM e programação única)*
- *Conversores (ADC e DAC)*
- *Comunicação, configuração e observabilidade do sistema (SPI and I2C)*
- *Células de entrada e saída (padding, alimentação de IO e core, protecção ESD, isolamento)*
- *Projeto para Testabilidade*
- *Teste Digital (modelo de faltas LSA, ATPG, scan, BIST, JTAG, teste de wire bonds)*
- *Teste Analógico (multiplexer de teste, analogtestbus, teste directo e indirecto)*

#### 4.4.5. Syllabus:

- *SoC design flow*
- *Digital design flow (frontend and backend)*
- *Analog modeling (verilog)*
- *SoC frontend and backend design*
- *Integration of SoC cores*
- *Power Management Unit (voltage regulation, POR, oscillators and RTC)*
- *Digital processing (processor and application specific)*
- *Memory (RAM, ROM and One Time Programming)*
- *Data convertors (ADC and DAC)*
- *Communication, system configuration and monitoring (SPI and I2C)*
- *IO pads (padding, IO and core supply, ESD protection, isolation)*
- *Design for Testability*
- *Digital Test (LSA fault model, ATPG, scan, BIST, JTAG, wire bond test)*
- *Analog Test(test multiplexer, analogtestbus, direct and indirect test)*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*A Practical Approach to VLSI System on Chip (SoC) , Design: Veena Chakravarthi, 2020, Springer. ISBN 978-3-030-23049-4; A Practical Approach to VLSI System on Chip (SoC) , Design: Veena Chakravarthi, 2020, Springer. ISBN 978-3-030-23049-4; Modern VLSI design (IP-Based design), Wayne Wolf, 2008, Prentice Hall. ISBN-13: 9780137145003; Computer System Design: System-on-Chip, Michael J. Flynn, Wayne Luk, 2011, Wiley. ISBN: 978-1-118-00991-8*

#### **Mapa IV - Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Artificial Intelligence and Decision Systems*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0 (TP)*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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 Manuel Marques Custódio, 28h*

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

*Rodrigo Martins de Matos Ventura, ist13950, 21h*

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

*Fornecer aos alunos conhecimentos sobre as metodologias fundamentais na área da Inteligência Artificial. Introduzir a noção de agente inteligente. Estudar os métodos de resolução de problemas, representação de conhecimento e raciocínio, planeamento e inferência sob incerteza. Compreender as técnicas usadas no âmbito de sistemas de decisão, cobrindo abordagens simbólicas e probabilísticas.*

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

*Provide background on basic notions about fundamental methodologies in the field of Artificial Intelligence. Introduce the concept of intelligent agent. Study methods of problem solving, knowledge representation and reasoning, planning and inference under uncertainty. Understand the techniques used in decision systems, covering both symbolic and probabilistic approaches*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à IA. Agentes inteligentes. Agentes racionais. Natureza dos ambientes. Arquitecturas de agentes. Resolução de problemas. Métodos de procura: não-informados e informados, heurísticas. Procura em jogos e agentes jogadores. Problemas de satisfação de restrições. Representação de conhecimento e raciocínio. Lógica: proposicional, de primeira-ordem. Quantificação. Inferência. Resolução. Planeamento de acções, PDDL, GraphPlan. Incerteza. Modelos probabilísticos: redes Bayesianas, teoria da decisão, modelos de Markov.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to Artificial Intelligence. Intelligent Agents. Rational Agents. Environment properties. Agents' architectures. Problem solving. Search methods: non-informed and informed, heuristics. Adversarial search. Constraint satisfaction problems. Knowledge representation and reasoning. Propositional logic, and first-order logic. Quantification. Inference. Resolution. Planning, PDDL, GraphPlan. Uncertainty. Bayesian networks, Decision Theory, Markov models*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (mini-projectos, mini-testes) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (mini-projects, mini-tests) compatible with the*

*significant reduction in the weight of assessment by exams (≤50%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos permite o confronto com problemas reais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*Teaching methods have been designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. The realization of practical projects allows confronting students with real problems.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Artificial Intelligence: A Modern Approach, Stuart Russell, Peter Norvig, Pearson Int., Third Edition*

#### **Mapa IV - Automação do Projeto Eletrónico**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Automação do Projeto Eletrónico*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Electronic Design Automation*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist12270, Luís Miguel Teixeira D'Avila Pinto da Silveira, 28h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist12857, Paulo Ferreira Godinho Flores, 21h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*- compreender o funcionamento interno de (algumas) ferramentas da EDA e como usá-las efetivamente para projetar hardware digital;*  
*- fornecer aos alunos conhecimentos sobre otimização de ponta e algoritmos de análise para o projeto de circuitos integrados digitais complexos e seu uso no projeto em hardware*  
*- fornecer conhecimento prático das principais tecnologias em Automação de Projeto Eletrónico (EDA), com foco em algoritmos de síntese, posicionamento e roteamento que realizam as principais transformações entre os níveis de*

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

- *understand the inner workings of (some) EDA tools and how to use them effectively to design digital hardware;*
- *provide students with knowledge regarding cutting-edge optimization and analysis algorithms for the design of complex digital integrated circuits and their use in designing hardware*
- *providing working knowledge of the key technologies in Electronic Design Automation (EDA), focusing on synthesis, placement and routing algorithms that perform the major transformations between levels of abstraction*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Introdução à Automação do Projeto Eletrónico (EDA), história, atores, função, compromissos no projeto em hardware*
2. *Projeto de abstração e níveis de abstração*
3. *Verificação*
4. *Programação e alocação de alto nível*
5. *Síntese multinível*
6. *Análise temporal*
7. *Simulação*
8. *Dimensionamento e síntese física*
9. *Particionamento e colocação (floorplanning)*
10. *Colocação (placement) e roteamento (routing)*
11. *Otimização*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Introduction to EDA, history, players, role, trade-offs in hardware design*
2. *Abstraction Design and Levels of Abstraction*
3. *Verification*
4. *High-Level scheduling and Allocation*
5. *Multi-Level Synthesis*
6. *Timing*
7. *Simulation*
8. *Sizing and Physical Synthesis*
9. *Partitioning, Floorplanning*
10. *Placement and Routing*
11. *Optimization*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames. Propõe-se uma avaliação de 60% avaliação contínua e 40% avaliação não contínua.*

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

*The teaching methodologies are intended to foster problem-based and project-based learning, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and the student's responsibility. The evaluation model includes continuous evaluation elements in the scope of active learning (lab assignments, on line quizzes) compatible with a significant reduction of the weight of evaluation by exams, amounting to 60% continuous evaluation / 40% non-continuous evaluation.*

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Electronic Design Automation, Synthesis, Verification and Test, 1st Edition, Laung-Terng Wang, Yao-Wen Chang, Kwang-Ting Cheng, 2009, Morgan Kaufmann; Essential Electronic Design Automation, Mark D. Birnbaum, 2003, Prentice-Hall; EDA for IC Implementation, Circuit Design and Process Technology, 1st Edition, Luciano Lavagno, Louis Scheffer, Grant Martin, 2006, CRC Press***

**Mapa IV - Aprendizagem Profunda**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Aprendizagem Profunda***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Deep Learning***

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

***Tele***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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):**

***ist12403, Mário Alexandre Teles de Figueiredo, 70h***

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

***ist46911, André Filipe Torres Martins, 49h***

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

**A aprendizagem profunda é uma classe de métodos (da área mais vasta da aprendizagem automática) que, na última década, teve um enorme impacto em diversas aplicações, desde a análise de imagem até ao processamento de linguagem natural. O objectivo desta unidade curricular é dotar os alunos de um conhecimento geral acerca das modernas técnicas de aprendizagem profunda e da capacidade de desenvolver, implementar e testar métodos desta classe. Um outro objectivo é dotar os alunos com a formação necessária para que possam ter acesso à moderna literatura nesta área, capacitando-os assim a actualizar os seus conhecimentos nesta área em rápida evolução.**

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

**Deep learning is a class of methods (from the broader area of machine learning) that over the last decade has had a huge impact on many applications, from image analysis to natural language processing. The aim of this course is to provide students with a general knowledge of modern deep learning techniques and the ability to develop, implement, and test methods of this class. Another objective is to provide students with the necessary training so that they can access modern literature in this area, thus enabling them to update their knowledge in this rapidly evolving area.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Aprendizagem supervisionada. Regressão e classificação. Funções de perda, risco esperado, risco empírico e generalização.**
- 2. Perceptrão multi-camada. Funções de activação. Camadas totalmente conexas e convolucionais. "Pooling". Redes residuais. Interpretações probabilísticas.**
- 3. Optimização e o algoritmo de retro-propagação. Regularização. Optimização estocástica. Estratégias de inicialização.**
- 4. Redes profundas para visão e processamento de imagem (segmentação, classificação, detecção de objectos, reconstrução).**
- 5. Redes profundas para processamento de língua natural. Aprendizagem de representações de palavras. Redes recorrentes. Retro-propagação através do tempo. Unidades com portas: LSTMs e GRUs. Arquitecturas codificador-descodificador para aprendizagem sequência-para-sequência.**
- 6. Modelos generativos profundos e aprendizagem não supervisionada. Auto-codificadores variacionais e redes generativas adversariais.**
- 7. Tópicos avançados: mecanismos de atenção e memória.**

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. Supervised learning. Regression and classification. Loss functions, expected risk and empirical risk, and generalization.**
- 2. Multi-layer perceptrons. Activation functions. Fully-connected layers and convolutional layers. Pooling. Residual networks. Probabilistic interpretations.**
- 3. Optimization and the backpropagation algorithm. Regularization. Stochastic optimization. Initialization strategies.**
- 4. Deep networks for vision and image processing (segmentation, classification, object detection, reconstruction).**
- 5. Deep nets for natural language processing. Learning word representations. Recurrent networks. Backpropagation through time. Gated units: LSTMs and GRUs. Encoder-decoder architectures for sequence-to-sequence learning.**
- 6. Deep generative models and unsupervised learning. Variational auto-coders and adversarial generative networks.**
- 7. Advanced topics: attention and memory mechanisms.**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua;**

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

**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Artificial Intelligence Engines: A Tutorial Introduction to the Mathematics of Deep Learning, James Stone, 2019, Sebte/ Press;*  
*Introduction to Deep Learning, Eugene Charniak, 2019, MIT Press;*  
*Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, 2016, MIT Press;*  
*Deep Learning with Python, François Chollet, 2017, Manning Publications*  
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/accreditation>

**Mapa IV - Sistemas de Telecomunicações Via Rádio****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sistemas de Telecomunicações Via Rádio*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Wireless Telecommunication System*

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12288, António José Castelo Branco Rodrigues, 28h*

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

*ist12960, José Eduardo Charters Ribeiro da Cunha Sanguino, 54h*

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

*Familiarizar os alunos com os sistemas de transmissão por feixes hertzianos e por satélite, desde os aspectos teóricos aos de implementação e normalização. Introdução aos sistemas de rádio móvel terrestres. Introdução aos sistemas de acesso fixo via rádio de banda larga e aos sistemas de redes sem fios.*

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

**Introduce students to digital relay links and satellite transmission systems, considering implementation and standardization aspects. Introduce students to mobile terrestrial radio systems and broadband and wireless radio systems.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**A - Sistemas de Feixes Hertzianos Digitais 1. Introdução 2. Planeamento de frequências 3. Propagação e balanço de potência em ligações terrestres 4. Modulações digitais e codificação para feixes hertzianos digitais 5. Projecto de ligações por feixes hertzianos**

**B - Sistemas de Satélite 1. Introdução 2. Propagação e balanço de potência numa ligação via satélite 3. Órbitas de satélites 4. Bandas de frequência e acesso múltiplo 5. Arquitectura de sistemas de satélite 6. VSAT 7 Sistemas GPS/Galileo**

**C - Sistemas de Telecomunicações Pessoais 1. Introdução à propagação em rádio móvel 2. Reutilização de frequências e conceito de rádio móvel celular. Interferência 3. Noções de tráfego (fórmulas de Erlang), grau de serviço, e handover 4. Técnicas de acesso múltiplo: FDMA, TDMA, CDMA e OFDMA. Sistemas FDD e TDD 5. Gestão de recursos rádio (escalonamento e controlo de potência) 6. As gerações de sistemas móveis (2, 3, 4 e 5 G) 7. Sistemas de rádio cognitivo e alocação dinâmica de espectro**

#### 4.4.5. Syllabus:

**A - Digital Relay links 1. Introduction 2. Frequency planning 3. Propagation and link budget 4. Digital modulations and coding for digital relay links 5. Radio link design**

**B - Satellite Systems 1. Introduction 2. Propagation and link budget in satellite links 3. Satellite Orbits 4. Frequency Bands and Multiple Access 5. Satellite Systems Architecture 6. VSAT 7 GPS / Galileo Systems**

**C – Wireless Personal Communications 1. Introduction to mobile radio propagation. 2. Frequency reuse and concept of cellular mobile radio. Interference 3. Traffic basics, Degree of Service, and Handover 4. Multiple Access Techniques: FDMA, TDMA, CDMA, and OFDMA. FDD and TDD systems 5. Radio resource management (scheduling and power control) 6. Generations of mobile systems (2, 3, 4 and 5 G) 7. Cognitive radio systems and dynamic spectrum allocation**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.4) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.5.**

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

**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua;**

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

**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas teóricas, de problemas e a realização de um projecto. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of theoretical and exercise classes and the realization of one project, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Feixes Hertzianos, Carlos Salema, 2019, IST Press 4ª Edição; Satellite Communications Systems, G. Maral, M. Bousquet, Z. Sun,, 2020, Wiley 6th edition; Wireless Communications, T. Rappaport, Prentice Hall, 2002, Prentice Hall,**

*2nd edition.*

#### Mapa IV - Alta Tensão

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

*Alta Tensão*

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

*High Voltage*

##### 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:

*168.0*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*49.0*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6.0*

##### 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):

*ist12527, Maria Eduarda de Sampaio Pinto de Almeida Pedro, 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):

*Formação de base e introdução aos problemas fundamentais da Engenharia de Coordenação de Isolamento através da caracterização: da suportabilidade dieléctrica de meios e equipamentos, das solicitações dieléctricas a que são sujeitos num Sistema de Energia Eléctrica, dos dispositivos de protecção disponíveis e dos métodos de coordenação de níveis de isolamento e de protecção.*

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

*Basic training and introduction to the fundamental problems of Insulation Coordination Engineering through the characterization of: the dielectric strength of materials and equipments, the stresses to which they are subjected in an Electric Power System, the available protection devices and the methods of coordination of insulation and protection levels.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução*

*2. Os meios isolantes nas Tecnologias de Alta Tensão: 2.1 Dieléctricos gasosos; 2.2 Dieléctricos sólidos; 2.3 Dieléctricos líquidos*

*3. Isoladores*

*4. Sobretensões em Sistemas de Energia Eléctrica: 4.1 Sobretensões temporárias; 4.2 Sobretensões de manobra; 4.3 Sobretensões de origem atmosférica; 4.4 Deformação de sobretensões*

*5. Pára-raios*

- 6. Cabos de guarda
- 7. Eléctrodos de terra
- 8. Descarregadores de sobretensões
- 9. Coordenação de isolamentos

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction
- 2. High Voltage insulating materials: 2.1 Gaseous dielectrics; 2.2 Solid dielectrics; 2.3 Liquid dielectrics
- 3. Insulators
- 4. Overvoltages on Power Systems: 4.1 Representative overvoltages for insulation coordination; 4.2 Overvoltages propagation; 4.3 Lightning overvoltages; 4.4 Overvoltages deformation
- 5. Lightning Arresters
- 6. Shield Wires
- 7. Grounding Systems
- 8. Surge Arresters
- 9. Insulation Coordination

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 4) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por trabalhos laboratoriais, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa (relatórios de trabalhos laboratoriais e mini-testes) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50%), 50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua.*

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

*Teaching methodologies intend to promote learning based on solving problems and on laboratory works increasing the practical component, the active learning, the independent work and the student accountability. The assessment model includes continuous evaluation elements in the scope of the active learning (laboratory reports and mini-tests) in order to give a significant reduction in the examination weight (50%): 50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation.*

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Notas de Apoio às aulas; High Voltage Engineering: Fundamentals, E. Kuffel, W.S. Zaengl, J. Kuffel, 2000, Butterworth-Heinemann; Insulation Coordination for Power Systems, Andrew R. Hileman, 1999, Taylor & Francis Group*

### Mapa IV - Sistemas de Processamento Digital de Sinal

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Sistemas de Processamento Digital de Sinal*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digitalsignalprocessingsystems*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*Gonçalo Nuno Gomes Tavares ist13269, 70h*

**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 o conhecimento suficiente para ser capaz de projetar sistemas de processamento de sinal em tempo real tanto a nível de software como de hardware. Nomeadamente, a nível do hardware: o tipo de filtragem analógica, o tipo de conversor ADC e DAC, a escolha do(s) dispositivo(s) de processamento (DSP, FPGA, uP), quais as interfaces digitais adequadas com o utilizador e a escolha da frequência de amostragem. A nível de software dominar a programação em linguagem C em vírgula fixa, a eventual utilização de segmentos críticos de código em assembly específicos aos dispositivos, utilização de drivers e bibliotecas de software fornecidas pelos fabricantes dos dispositivos e as técnicas de processamento de sinal em tempo real de alto débito.*

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

*Acquire essential knowledge to be able to design real-time, high throughput digital signal processing systems both at the hardware and software level. Namely at the hardware level: Choice of adequate analog filtering, type of ADC and DAC to be used, choice of signal processing device(s) (DSP/FPGA/uP), user digital interfaces and choice of sampling frequency. At the software level, to master C fixed point programming, eventual use of manufacturer drivers/libraries and device-specific assembly language critical segments of code. Learn the signal processing techniques used in these devices to achieve high throughput real-time digital signal processing.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Amostragem uniforme ideal. Teorema da amostragem (passa-baixo e passa-banda). Reconstrução analógica. Conversores AD e DA: tipos e critérios de seleção. Efeito da quantificação de amplitude na relação sinal-ruído. Transformada Z. Filtros digitais FIR e IIR. Processamento de sinal multiritmo: interpolação e decimação por fatores inteiros e racionais. Osciladores digitais. Arquiteturas de processadores digital de sinal (DSP). Representação fracionária em vírgula fixa. Formato Q. Efeito da resolução finita no processamento. Escalamento e gestão de overflows e underflows. Gama dinâmica vs. precisão: escolha do comprimento das palavras digitais ao longo da cadeia de processamento de sinal. Programação em vírgula fixa utilizando linguagem C. Técnicas de processamento de sinal em tempo real utilizando DSPs.*

**Registos circulares. Processamento de blocos de amostras com registos triplos e entrada/saída por ISRs e/ou DMA.**

**4.4.5. Syllabus:**

*Uniform ideal sampling and reconstruction. Sampling theorem (low and bandpass).  
Summary of ADC and DAC converter types and selection criteria. Amplitude quantization effects.  
Difference equations and digital filters: FIR and IIR.  
Multirate signal processing: interpolation and decimation by integer and rational factors. CIC filters.  
Discrete-time oscillators.  
Digital signal processor (DSP) architectures.  
Fixed-point and floating-point arithmetic. Q-format fixed-point fractional number representation and floating-point representation. Finite word length effects, overflow and scaling.  
Dynamic range vs precision: choosing the optimal word length along a digital signal processing chain.  
Fixed-point programming using C language. Sample-based DSP vs frame-based DSP.  
Circular buffers: FIR filter implementation example.  
Triple buffering using ISRs and/or DMA.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.”*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Sistemas de Processamento Digital de Sinal (Slides), Gonçalo Tavares, 2020, ; Real-Time Digital Signal Processing: from Matlab to C with the TMS320C6x DSPs, 2nd edition, Thad B. Welch et al , 2011, CRC press; Digital Signal Processing: Fundamentals and Applications, 2nd edition, Li Tan and Jean Jiang, 2018, Elsevier.*

**Mapa IV - Aplicações e Tecnologias Móveis**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Aplicações e Tecnologias Móveis*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Mobile Applications and Technologies*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12400, Carlos Manuel Ribeiro Almeida, 49h*

**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):**

*Familiarização com diversas tecnologias associadas a dispositivos móveis para permitir o desenvolvimento de aplicações que usam estes dispositivos para interagir com sensores e actuadores, quer a nível local quer num contexto mais global.*

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

*Familiarization with several technologies associated with mobile devices to allow the development of applications that use these devices to interact with sensors and actuators, both at local level and in a more global context.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- Programação de dispositivos móveis (ex: Kotlin/Java/Swift); interface de utilizador; sistema de ficheiros; distribuição de aplicações*
- Sensores e atuadores em dispositivos móveis (ex: acelerómetro, microfone, camera); sistemas de geolocalização (ex: GPS)*
- Redes de comunicação em dispositivos móveis (ex: Bluetooth, NFC, WiFi); interligação com outros serviços embebidos e/ou redes de sensores*
- Gestão e utilização de bases de dados locais e distribuídas (ex: SQL)*
- Aplicações e serviços distribuídos*
- Modelos e restrições subjacente ao conceito de "internet of things": comunicação/rede, energia, computação, segurança.*

**4.4.5. Syllabus:**

- Programming of mobile devices (ex: Kotlin/Java/Swift); user interface; file system; application distribution.*
- Sensors and actuators in mobile devices (e.g. accelerometer, microphone, camera); geolocalization systems (e.g. GPS).*
- Communication networks in mobile devices (e.g. Bluetooth, NFC, WiFi); interconnection with other embedded services and/or sensor networks.*
- Use and management of local and distributed databases (e.g. SQL).*
- Applications and distributed services.*
- Models and restrictions associated with the concept of "internet of things": communication/network, energy, computation, security.*

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).**

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

**The teaching methodologies are intended to increase the learning based on problem resolution and projects, increasing the practical component, the active learning, autonomous work and student responsibility. The evaluation method incorporates elements of continuous evaluation in the context of active learning (e.g. projects, home work, mini-tests, etc.) compatible with the significant reduction of the weight of evaluation by exams (≤50%).**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Professional Android, 4th Edition, Reto Meier, Ian Lake, 2018, Wiley; Interconnecting Smart Objects with IP: The Next Internet, Jean-Philippe Vasseur, Adam Dunkels, 2010, Morgan Kaufmann Publishers; Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks, Holger Karl, Andreas Willig, 2005, Willey**

**Mapa IV - Co-Projeto Hardware/Software**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Co-Projeto Hardware/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:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**49.0**

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

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):

*ist11900, Horácio Cláudio de Campos Neto, 70h*

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 aos alunos as competências para:*

- *Compreender os conceitos e as técnicas de projecto de sistemas embebidos com componentes de hardware e software.*
- *Modelar, simular e sintetizar sistemas digitais usando métodos e ferramentas a nível de sistema.*
- *Analisar os compromissos hardware/software, os algoritmos e as arquiteturas para otimizar o sistema com base em requisitos e restrições de implementação.*
- *Compreender as técnicas de síntese de alto-nível e utilizar as funcionalidades das ferramentas de síntese C-para-RTL.*
- *Projectar e implementar sistemas hardware/software de média complexidade utilizando SoC-FPGAs.*

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

*To provide the students with the knowledge and skills required to:*

- *Understand the concepts, issues, and process of system-level design of embedded systems with hardware and software components.*
- *Model, simulate and synthesize digital systems using contemporary high-level methods and tools.*
- *Analyze hardware/software tradeoffs, algorithms, and architectures to optimize the system based on requirements and implementation constraints.*
- *Understand high-level synthesis techniques and use C-to-RTL synthesis tools.*
- *Design and implement hardware/software systems of medium complexity using SoC-FPGAs.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Sistemas intra-chip e co-projecto hardware-software.*

*SoC-FPGAs - Sistemas em chips programáveis.*

*Metodologias e ferramentas ao nível de sistema. Partição HW-SW e aceleração por hardware.*

*Técnicas de projeto baseadas em síntese de alto nível. Co-simulação.*

*Mapeamento de arquiteturas, Interfaces HW-SW e Computação Reconfigurável.*

*Núcleos de processadores, barramentos e redes intra-chip.*

*Paralelismo ao nível dos dados e da tarefa.*

*Análise de desempenho e cumprimento de objectivos temporais, de desempenho e de potência/energia.*

*Exemplos de projecto e casos de estudo (algoritmos de processamento de dados, aprendizagem automática, etc.).*

*Computação no edge com SoC-FPGAs.*

4.4.5. Syllabus:

*Systems-on-Chip (SoC) and hardware-software codesign.*

*SoC-FPGAs - Programmable systems-on-chip.*

*System-level design languages, methodologies and tools. HW-SW partition and hardware acceleration.*

*High level synthesis techniques. Co-simulation.*

*Architecture mapping, HW-SW Interfaces and Reconfigurable Computing.*

*Processor cores, buses and on-chip networking. Parallelism at the data and task level.*

*Analysis of performance, timing and power/energy results.*

*System design examples and case studies (data processing algorithms, machine learning, etc.). Edge computing with SoC-FPGAs.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada na realização de projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa (projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (=40%).*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on the development and implementation of experimental projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (projects) compatible with a significant reduction in the weight of assessment by exams (= 40%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de aulas de demonstração e da realização de projectos experimentais. A ênfase na componente experimental de projecto permitirá que os alunos sejam confrontados com problemas reais e actuais.*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of demonstration classes and the realization of experimental projects. The emphasis on the experimental components (projects) will allow that students be confronted with real and actual problems.*

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

*The Zynq Book, Embedded Processing with the ARM Cortex-A9 on the Xilinx Zynq-7000 All Programmable SoC, Louise Crockett, Ross Elliot, Martin Enderwitz, Robert Stewart, 2014; A Practical Introduction to Hardware/Software Codesign, Patrick Schaumont, 2012, Springer*

**Mapa IV - Estimção e Controlo Preditivo Distribuído**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Estimção e Controlo Preditivo Distribuído*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Distributed Predictive Control and Estimation*

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

*SDC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

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):

*ist11886, João Manuel Lage de Miranda Lemos, 28h*

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

*ist31057, Rita Maria Mendes de Almeida Correia da Cunha, 63h*

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

*Após frequentar com sucesso esta unidade curricular, os alunos deverão ser capazes de projectar e testar controladores preditivos e estimadores de estado para sistemas em rede usando técnicas de otimização distribuída.*

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

*After successfully completing this course, students should be able to design and test predictive controllers and state estimators for networked systems using distributed optimization techniques*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução ao controlo preditivo. A estratégia de horizonte recidivo. Modelos de predição lineares e não lineares. Problema de regulação. Estabilidade. Restrições de estabilidade e restrições operacionais. Seguimento de referências. Estimação de estado. Estimação de estado de horizonte deslizante. Estimação de estado em sistemas não lineares. Filtro de Kalman estendido e Unscented. Escolha dos parâmetros de configuração dos controladores e estimadores. Controlo preditivo distribuído. Coordenação baseada em teoria de jogos. Coordenação baseada no ADMM (Alternating Direction Method of Multipliers). Controlo preditivo de sistemas híbridos. Robustez. Controlo tolerante a falhas e reconfiguração com controlo preditivo. Métodos numéricos para controlo preditivo. Exemplos de aplicação de estimação e controlo preditivo.*

4.4.5. Syllabus:

*Introduction to predictive control. The receding horizon strategy. Linear and nonlinear predictive models. Regulation problem. Stability. Stability constraints and operational constraints. Reference tracking. State estimation. Moving horizon state estimation. State estimation in nonlinear systems. Extended and Unscented Kalman Filter. Choice of controllers and estimators configuration parameters. Distributed predictive control. Coordination based on game theory. Coordination based on the Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM). Predictive control of hybrid systems. Robustness. Fault tolerant control and reconfiguration with predictive control. Numerical methods for predictive control. Examples of estimation and predictive control applications*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*50% avaliação continua; 50% avaliação não continua*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
***Model Predictive Control: Theory, Computation and Design, J. B. Rawlings, D. Q. Mayne e M. M. Diehl, 2017, Nob Hill Publishing, 2nd ed; Predictive Control with Constraints, J. M. Maciejowski, 2002, Prentice Hall; Model Based Predictive Control – A practical Approach. , J. A. Rossiter, 2004, CRC Press,; Constrained Control and Estimation – An optimization approach, G. C. Goodwin, M. M. Seron e J. A. De Doná, 2005, Springer,; Constrained Control and Estimation – An optimization approach, G. C. Goodwin, M. M. Seron e J. A. De Doná, 2005, Springer,***

#### **Mapa IV - Arquitectura e Gestão de Redes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Arquitectura e Gestão de Redes***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Network Architecture and Management***

**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:**  
***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**  
***6.0***

**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):**  
***ist13242, Paulo Rogério Barreiros D'Almeida Pereira, 91h***

**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):**  
***Estudo das tecnologias e protocolos de redes de comunicações multimédia na internet com suporte de qualidade de serviço e gestão de redes.***  
***Fornecer competências de configuração, análise e avaliação de desempenho de redes e equipamentos de redes.***

- 4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*Study of technologies and protocols for Internet multimedia communication networks with quality of service support and network management.*  
*Providing competences for configuration, analysis, performance evaluation of networks and network devices.*
- 4.4.5. Conteúdos programáticos:**  
**1. Redes multimédia e Voz sobre IP**  
**2. Mecanismos de Qualidade de Serviço**  
**3. Modelos de diferenciação de serviços em redes IP**  
**4. Tecnologias para transporte de dados**  
**5. Gestão de redes**
- 4.4.5. Syllabus:**  
**1. Multimedia Networking and Voice over IP**  
**2. Quality of Service mechanisms**  
**3. IP service differentiation network models**  
**4. Technologies for data transport**  
**5. Network management**
- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc).*  
**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua**
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The teaching methodologies intend to promote learning based on problem resolution and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student responsibility. The evaluation method includes elements of continuous evaluation covering active learning (e.g., projects, home works, exercises, etc).*  
**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Computer Networking: A Top-Down Approach, James Kurose, Keith Ross, 2017, Addison-Wesley; Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall, 2011, Prentice Hall.; Carrier Grade Voice Over IP, Richard Swale, Daniel Collins, 2013, McGraw Hill; SIP: Understanding the Session Initiation Protocol, Alan B. Johnston, 2015, Artech House; Developing IP Multicast Networks, Beau Williamson, 1999, Cisco Press*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Nano-Fotónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nanophotonics*

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12100, Carlos Manuel dos Reis Paiva, 24.5h*

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

*ist426927, Mário Gonçalo Veríssimo Silveirinha, 24.5h*

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

- *Compreensão dos mecanismos envolvidos nas interações luz-matéria na nano-escala.*
- *Conhecimento de soluções que permitam reduzir o tamanho característico de dispositivos ópticos para uma escala sub-comprimento de onda.*
- *Compreensão dos princípios de operação de dispositivos não-recíprocos.*
- *Introdução à óptica quântica e à computação óptica.*

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

- *Understanding the basis of light-matter interactions in the nanoscale.*
- *Basic knowledge of modern solutions that may enable shrinking the footprint of light-based technologies to a deeply subwavelength scale.*
- *Basic knowledge of the working principles of nonreciprocal nanoscale devices.*
- *Introduction to quantum optics and quantum computation.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Electromagnetismo e Polarização.*

*2. Cristais fotónicos. Estrutura de bandas e hiatos de bandas.*

*3. Introdução à plasmónica. Plasmões de superfície. Limite de difracção de Rayleigh. Aplicações biomédicas e em espectroscopia.*

*4. Plasmónica não recíproca. Não-reciprocidade, propagação unidireccional, isolamento electromagnético.*

*5. Introdução à óptica quântica. Oscilador harmónico quântico. Quantização do campo electromagnético. Conceito de fóton.*

**6. Introdução à computação quântica. Entrelaçamento quântico. Criptografia quântica. Medição em mecânica quântica. De EPR aos testes de Bell (CHSH et al.). As caixas negras PR. Transformações unitárias. A impossibilidade de clonagem. Codificação densa. Teleportação quântica. Reversibilidade em computação quântica. Algoritmos de Shor e Grover. Correção quântica de erros. Protocolos quânticos. Breve introdução à implementação física da computação quântica.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**1. Electromagnetics and Polarization Optics.**

**2. Photonic Crystals. Band structure and photonic band gaps.**

**3. Introduction to plasmonics. Surface plasmons. Rayleigh diffraction limit. Biomedical and spectroscopy applications.**

**4. Nonreciprocal plasmonics. Nonreciprocity, one-way propagation, electromagnetic isolation in the nanoscale.**

**5. Introduction to Quantum Optics. Quantum harmonic oscillator. Quantization of the electromagnetic field. The photon concept.**

**6. Introduction to Quantum Computation. Entanglement and quantum key distribution. The measurement problem; from EPR to Bell nonlocality and PR boxes; unitary transformations; no-cloning principle; dense coding; quantum teleportation; from reversible classical computation to quantum computation; Shor's and Grover's algorithms; quantum error correction; quantum protocols; brief introduction to hardware implementations**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

**50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua;**

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

**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Principles of Nano-Optics, L. Novotny, B. Hecht, 2012, Cambridge University Press;**

**Quantum Computing: A Gentle Introduction, Eleanor Rieffel, Wolfgang Polak, 2014, The MIT Press;**

**Quantum Computation and Quantum Information, Michael Nielsen, Isaac Chuang, 2010, Cambridge University Press.**

#### Mapa IV - Sistemas Integrados Analógicos e Mistos

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Sistemas Integrados Analógicos e Mistos**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Analog and Mixed Integrated Systems*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 dos Santos Ribeiro Fernandes, ist13276, 28h*

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

*Joao Manuel Torres Caldinhas Simoes Vaz, ist12567, 12h*

*Marcelino Bicho dos Santos, ist13261, 9h*

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

*Os alunos deverão ser capazes de: 1) Projectar amplificadores de acordo com um conjunto de especificações; 2) Projectar circuitos com condensadores comutados; 3) compreender as arquiteturas principais de ADCs e DACs; 4) Projectar um circuito integrado de complexidade moderada com ferramentas de projecto industriais (ex. Cadence); 5) fazer layout de circuitos analógicos, usando técnicas apropriadas.*

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

*Students are expected to be able to: 1) Design an amplifier according to a set of specifications; 2) design switched capacitor circuits; 3) comprehend ADCs and DACs architectures; 4) design on a standard industry design suite (ex. Cadence) an integrated circuit of moderate complexity; 5) design analog layouts using appropriate techniques.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1) **Projecto de Circuitos Analógicos**
  - 1.1) **Transístores MOS e Fluxo de Projecto de Circuitos Analógicos**
  - 1.2) **Dispositivos em tecnologias CMOS**
  - 1.3) **Fontes de Corrente e Amplificadores de um andar**
  - 1.4) **Amplificadores com dois andares**
  - 1.5) **Amplificadores de transcondutância**
  - 1.6) **Comparadores**
  - 1.7) **Circuitos com Condensadores Comutados**
  - 1.8) **Modelos avançados de transístores MOS**

- 2) **ADCs e DACs**
  - 2.1) **Fundamentos**
  - 2.2) **Amostragem e Retenção**
  - 2.3) **Conversores Analógicos-Digitais com ritmo de Nyquist**
  - 2.4) **Conversores Digitais-Analógicos com ritmo de Nyquist**
  - 2.5) **Conversores sobre-amostrados**

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1) **ADCs and DACs**
  - 1.1) **Fundamentals**
  - 1.2) **Sample-and-Hold**
  - 1.3) **Nyquist-Rate A/D Converters**
  - 1.4) **Nyquist-Rate D/A Converters**
  - 1.5) **Oversampling Converters**
- 2) **Analog Circuit Design**
  - 2.1) **MOS Transistors and Analog Design**
  - 2.2) **Integrated Circuit Devices**
  - 2.3) **Basic Current Mirrors and Single-Stage Amplifiers Design**
  - 2.4) **Two-Stage CMOS Opamp**
  - 2.5) **Transconductance Amplifiers Design**
  - 2.6) **Comparators Design**
  - 2.7) **Switched Capacitor Circuits**
  - 2.8) **Advanced MOS Transistors**

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Tony Carusone, David Johns, Ken Martin*  
*Analog Integrated Circuit Design*  
*2nd Edition 2013, John Wiley & Sons*

*Behzad Razavi*  
*Design of Analog CMOS Integrated Circuits*  
*2nd Edition 2017, McGraw-Hill.*

**Mapa IV - Redes de Alto Débito****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Redes de Alto Débito*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*High Speed Networks*

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12027, João José de Oliveira Pires, 49h*

**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):**

*Introduzir os conceitos fundamentais das redes de telecomunicações de alto-debito e dar uma visão geral e integrada destas redes. Estudar as principais tecnologias e arquiteturas de rede. Introduzir metodologias para planeamento e análise de performance.*

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

*Introduce some of the fundamental concepts of high speed telecommunication networks and provide a general and integrated overview of these networks. Study the network technologies and architectures. Introduce methodologies for planning and performance analysis.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Introdução: Funções de uma rede de telecomunicações; Transmissão, multiplexagem e comutação; Tráfego e*

*serviços; Etapas na evolução das telecomunicações.*

*2. Fundamentos das redes: Caracterização das redes (topologias físicas e lógicas e modelação de tráfego); Algoritmos de encaminhamento e dimensionamento de capacidade; Planos e classificação de redes.*

*3. Redes de Serviços: Redes telefónicas e celulares; Redes Ethernet e IP/MPLS; Redes CATV; Estrutura dos data centers e interligação.*

*4. Redes de Transporte: Sincronismo de rede; Aspectos básicos da SDH; Redes de transporte ópticas; Elementos de rede ópticos; Protecção de rede; Planeamento de redes de transporte ópticas.*

*5. Redes de Acesso: Estrutura das redes de acesso convencionais; Redes de banda larga x-DSL (ADSL, VDSL, etc.); Arquitecturas das redes de acesso ópticas; Dimensionamento de redes de acesso.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*1. Introduction: Functions of a telecommunications network; Transmission, multiplexing and switching; Traffic and services; Landmarks on telecommunications evolution.*

*2. Network fundamentals: Network characterization (physical and logical topologies, traffic modelling); Routing algorithms and capacity dimensioning; Network planes and classification.*

*3. Service networks: Telephone and cellular networks; Ethernet and IP/MPLS networks; CATV networks; Data centres structure and interconnections.*

*4. Transport Networks: Network synchronism; Basic aspects of SDH; Optical Transport Networks; Optical network elements; Network protection; Planning optical transport networks.*

*5. Access networks: Structure of conventional access networks; X-DSL broadband networks; Optical network access architectures; Access network dimensioning.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Sistemas e Redes de Telecomunicações, João Pires, 2006, IST;*

*Next Generation Transport Networks, M. Ellanti, S. Gorshe, L. Raman, W. Grover, 2005, Springer;*

*FTTX concepts and applications, Gerd Keiser, 2006, John Wiley & Sons; Slides da disciplina elaborados pelo docente.*

### Mapa IV - Desempenho e Dimensionamento de Redes e Sistemas

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Desempenho e Dimensionamento de Redes e Sistemas*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

### **Performance Evaluation and Dimensioning of Networks and 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:**

**168.0**

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

**49.0**

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

**6.0**

#### **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):**

**ist26537, Rui Jorge Morais Tomaz Valadas, 49h**

#### **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):**

**Abordar a problemática da gestão de recursos em redes e sistemas computacionais, introduzir as principais técnicas de análise de desempenho e de dimensionamento (modelação estocástica, simulação de eventos discretos e otimização) e a sua utilização no contexto das redes e sistemas. Os alunos devem adquirir as seguintes competências: (i) ser capaz de avaliar o desempenho de redes e sistemas; (ii) ser capaz de dimensionar de forma eficiente redes e sistemas utilizando técnicas de otimização; (iii) perceber o compromisso desempenho/custo na gestão de recursos das redes e sistemas; (iv) ser capaz de aplicar a teoria das filas de espera na análise de desempenho de redes e sistemas, e perceber as suas limitações; (v) ser capaz de manipular adequadamente simuladores de redes e sistemas. A disciplina visa formar “performance and planning engineers”.**

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

**To address the problem of resource management in computer networks and systems, introduce the main techniques of performance analysis and dimensioning (stochastic modelling, discrete event simulation and optimization) and their use in the context of networks and systems. Students must acquire the following skills: (i) be able to evaluate the performance of networks and services; (ii) be able to efficiently dimension networks and services using optimization techniques; (iii) understand the performance/cost tradeoff in the resource management of networks and services; (iv) be able to apply queuing theory in network performance analysis and understand its limitations; (v) be able to properly handle network and service simulators. The course aims at training performance and planning engineers.**

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 – *Modelação estocástica e sistemas de filas de espera: cadeias de Markov em tempo discreto e contínuo, processos de renascimento e de Poisson, lei de Little, propriedade PASTA, filas Markovianas, fila M/G/1, modelos de tráfego.*
- 2 – *Simulação de eventos discretos: técnicas de programação, geração de distribuições e processos estocásticos, análise estatística dos resultados das simulações.*
- 3 – *Agregados de servidores: políticas de distribuição de tarefas, dimensionamento.*
- 4 – *Avaliação de desempenho em redes: modelos para acesso múltiplo, escalonamento de pacotes, encaminhamento em redes com comutação de pacotes e de circuitos, controlo de congestionamento, e garantias de serviço; princípios económicos da gestão de tráfego.*
- 5 – *Otimização: modelos de programação matemática para otimização de redes e sistemas envolvendo encaminhamento, dimensionamento, proteção de tráfego, localização servidores, deteção de nós críticos; algoritmos heurísticos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Stochastic modelling and queuing systems: discrete and continuous-time Markov chains, renewal and Poisson processes, Little's law, PASTA property, Markovian queues, M/G/1 queue, traffic models.*
- 2 - *Simulation of discrete events: programming techniques, generation of distributions and stochastic processes, statistical analysis of simulation results.*
- 3 - *Server farms: task assignment policies, dimensioning.*
- 4 - *Network performance evaluation: models for multiple access, packet scheduling, routing in packet and circuit-switched networks, congestion control, and service guarantees; economic principles of traffic management.*
- 5 - *Optimization: mathematical programming models for network and system optimization involving routing, dimensioning, traffic protection, server location, and critical node detection; heuristic algorithms.*

4.4.6. *Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos abrangem as principais técnicas de análise de desempenho e dimensionamento de redes e sistemas, com raiz na modelação estocástica, na simulação de eventos discretos e na otimização. São fornecidas as bases teóricas e, como parte da componente laboratorial, os alunos são ensinados a programar/utilizar ferramentas computacionais que permitem lidar com casos de interesse prático.*

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

*The course contents cover the main techniques of performance analysis and dimensioning of networks and systems, rooted in stochastic modeling, discrete event simulation, and optimization. We provide the theoretical foundations and, as part of the laboratory component, students are taught to program/use computational tools that allow them to deal with cases of practical interest.*

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

*A exposição da matéria teórica é complementada com a realização de trabalhos laboratoriais recorrendo ao R (ou ferramenta equivalente). Os trabalhos laboratoriais estão estreitamente ligados à matéria teórica e baseiam-se em simulação de eventos discretos e em algoritmos numéricos, incluindo algoritmos e heurísticas de otimização. A avaliação é 50% contínua e 50% por exame. A avaliação contínua corresponde aos trabalhos laboratoriais.*

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

*The teaching of the theoretical subjects is complemented with the realization of laboratory work using R (or an equivalent tool). Laboratory work is closely linked to theoretical material and is based on discrete event simulation and numerical algorithms, including optimization algorithms and heuristics. The evaluation is 50% continuous and 50% per exam. Continuous assessment corresponds to laboratory work.*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, aliando a teoria à prática. Procura-se que os alunos não só aprendam os modelos teóricos, como ganhem uma consciência forte da suas limitações e domínios de aplicabilidade, e tomem contacto com as alternativas computacionais disponíveis para a resolução de problemas mais complexos.*

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

*The teaching methods were designed so that students can develop comprehensive knowledge, combining theory with practice. It is sought that students not only learn the theoretical models, but gain a strong awareness of their limitations and domains of applicability, and get in touch with the computational alternatives available to solve more complex problems.*

4.4.9. *Bibliografia de consulta/existência obrigatória:*

*Data Networks, 2nd edition, Dimitri Bertsekas, Robert Gallager, 1992, Prentice-Hall; Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks, M. Pióro, D. Medhi, 2004, Morgan Kaufmann; Performance Modeling and*

*Design of Computer Systems, Mor Harchol-Balter, 2013, Cambridge University Press; Simulation Modeling and Analysis, 5th edition, Averill M. Law, 2014, McGraw-Hill Education*

#### Mapa IV - Sistemas de Controlo Distribuído em Tempo Real

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

*Sistemas de Controlo Distribuído em Tempo Real*

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

*Distributed Real Time Control Systems*

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

*SDC*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168.0*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*49.0*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6.0*

##### 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):

*Alexandre José Malheiro Bernardino, 70h*

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

*ist46909, Ricardo Adriano Ribeiro, 42h*

*ist13347, João Pedro Castilho Pereira Santos Gomes, 21h*

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

*O objectivo do curso é introduzir os conceitos e ferramentas necessários para o projeto, análise e implementação de sistemas de tempo-real para o controlo em ambientes distribuídos, nomeadamente: 1) diferentes componentes, arquitecturas e tipos de sistemas de controlo distribuído 2) formas de modelação e formulação de problemas de controlo distribuído 3) ferramentas para implementação soluções de controlo distribuído em tempo real baseadas em PC's e micro-controladores com a linguagem de programação C++. A consolidação dos conhecimentos é obtida através da execução de um projecto prático num sistema de controlo distribuído em tempo-real, onde os estudantes terão que montar os dispositivos da rede de controlo, modelar o sistema, formular objectivos de controlo, desenvolver controladores, distribuir o cálculo pelos diferentes nós de controlo, coordenar as comunicações entre os nós, planear experiências para comparar abordagens alternativas, e obter dados para reportar os resultados.*

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

*The purpose of this course is introduce the concepts and tools needed for the design, analysis and implementation of real time control systems in distributed environments, namely: 1) the different components, architectures and types of distributed control systems 2) ways of modelling and formulating control problems in a distributed paradigm, 3) tools to implement distributed real time control system solutions based on PC's and microcontrollers using the C++ programming language. The gained knowledge will be developed through the execution of a practical project on a real-time distributed control system, where the students have to assemble the control network devices, model the system, formulate the control objectives, develop controllers, distribute computation among the different nodes, coordinate the*

*communications between nodes, plan experiments to compare different control approaches, and acquire data to report results.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Os seguintes tópicos são abordados durante o curso: 1) Introdução aos sistemas de controlo distribuído em tempo-real: definições, arquiteturas e tipos. Hardware para controlo, computação e comunicações em sistemas de controlo distribuído. 2) A linguagem de programação C++. Programação de micro-controladores com restrições de computação e memória. 3) Introdução aos sistemas controlados por computador. Controladores de Malha Directa e de Realimentação. Controladores PID, métodos de anti-windup e o algoritmo de velocidade. Discretização de controladores de tempo contínuo. 4) Comunicações para controlo em tempo-real. Redes locais de controlo. Exemplos de redes de tempo-real em controlo e automação, p.ex. o CAN BUS. 5) Programação de sistemas concorrentes e multitarefa em tempo real. 6) Formulação de problemas de controlo óptimo. 7) Alguns algoritmos de coordenação e de optimização em sistemas de controlo distribuído: p.ex. compensação de perturbação acessível e o algoritmo de consensus.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*During the course the following topics will be addressed: 1) Introduction to real time distributed control systems: definitions, architectures and types. Hardware for control, computation and communications in real-time distributed control systems. 2) The C++ programming language. Programming microcontrollers with computational and memory constraints. 3) Introduction to computer-controlled systems. Feedforward and Feedback controllers. PID controllers, anti-windup and velocity algorithms. Discretization of continuous time controllers. 4) Communications for real-time control. Local control networks. Examples of real time networks in control and automation, e.g. the CAN BUS. 5) Programming multitask and concurrent systems in real-time. 6) Formulation of optimal control problems. 7) Some coordination and optimization algorithms in Distributed Control Systems: e.g. feedforward from accessible disturbances and the consensus algorithm.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can conclude that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Real-Time Computer Control, An Introduction, Stuart Bennett, 1994, Prentice Hall,(2nd Edition); Digital Control of Dynamic Systems, Gene F. Franklin, J.David Powell, Michael L. Workman, 1997, Addison Wesley (3rd Edition); The C++ Programming Language, Bjarne Stroustrup, 2013, Addison-Wesley Professional (4th Edition).; Principles of Concurrent and Distributed Programming, M. Ben-Ari, 2005, Addison-Wesley (2nd Edition).; Fieldbus and Networking in Process Automation, S. K. Sen, 2014, CRC Press; Slides ds aulas teóricas, renovados anualmente e disponibilizados na página web da disciplina, (acessíveis na página-web da disciplina);*

**Mapa IV - Redes Programáveis****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Redes Programáveis*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Programmable Networks*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12048, Fernando Henrique Corte Real Mira da Silva, 49h*

**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):**

*Entender os conceitos básicos de redes programáveis, softwarização de redes e virtualização de redes. Aprender os princípios de Redes Definidas por Software, Virtualização de Funções de Rede e Orquestração. Saber aplicar os princípios de softwarização de redes à gestão de redes.*

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

*To understand the basic concepts and technologies of Programmable Networks, Network Softwarization and Network Virtualization. To learn the principles of Software Defined Networks, Network Function Virtualization and Orchestration. To be able to apply the principles of network softwarization to network management.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- Princípios de Softwarização de Redes;*
- Tecnologias de virtualização de redes em Linux;*
- Princípios de SDN: plano de controlo, plano de dados e controlador;*
- Controladores de SDN;*
- Protocolos de SDN: OpenFlow;*
- Introdução à linguagem de programação P4;*
- Switches por software: Open vSwitch;*
- Princípios de Virtualização de Funções de Rede (VFR);*
- Criação de Serviços e Encadeamento de Serviços de Rede;*
- Arquiteturas NFV: o modelo ETSI;*
- Gestão e Orquestração de Funções de Rede: Open Source Mano;*
- Gestão de infraestruturas de NFV.*

**4.4.5. Syllabus:**

- *Principles of Network Softwarization;*
- *Technologies of network virtualization in Linux;*
- *Notion of Network Operating System;*
- *SDN principles: control plane, data plane and controller;*
- *SDN controllers;*
- *SDN protocols: OpenFlow;*
- *Introduction to the P4 programming language;*
- *Software switches: Open vSwitch;*
- *Principles of Network Function Virtualization;*
- *Service Creation and Service Function Chaining;*
- *ETSI NFV framework;*
- *MANO: Management and Orchestration. Open Source Mano for NFV;*
- *Management of NFV infrastructures.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, considera-se que os pontos dos conteúdos programáticos são plenamente adequados e ajustados para dotare os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao cumprimento dos objetivos propostos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the desired learning outcomes.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames, propondo-se 50% avaliação contínua e 50% avaliação não contínua.*

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

*The teaching methodologies are intended to foster problem-based and project-based learning, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and the student's responsibility. The evaluation model includes continuous evaluation elements in the scope of active learning (lab assignments, on line quizzes) compatible with a significant reduction of the weight of evaluation by exams, amounting to 50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Software Defined Networks, Ken Gray, Thomas Nadeau, 2016, O'Reilly; Software Defined Networks. A Comprehensive Approach, Paul Goransson, Chuck Black, 2016, Elsevier; Network Function Virtualization, Ken Gray, Thomas Nadeau, 2016, Morgan Kaufmann*

**Mapa IV - Computação Inteligente**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Computação Inteligente*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

### **Applied Computational Intelligence**

#### **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:**

**168.0**

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

**49.0**

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

**6.0**

#### **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):**

**ist13947, Nuno Cavaco Gomes Horta, 28h**

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

**ist14039, João Paulo Baptista de Carvalho, 10h30**

**ist14409, Rui Fuentecilla Maia Ferreira Neves, 10h30**

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

***A UC aborda a generalidade das técnicas computacionais associadas à área de Inteligência Computacional (Redes Neurais, Computação Evolucionária, Algoritmos inspirados em Enxames, Sistemas Híbridos), dando especial ênfase à sua aplicação na resolução de problemas complexos em que a formulação analítica não é possível ou é demasiado complexa devido a fatores como volume, ruído ou incerteza. Problemas típicos incluem classificação, otimização, previsão, etc., num vasto conjunto de domínios aplicacionais, e.g., bioinformática, microeletrónica, energia, finanças, etc. Mais, são ainda discutidas metodologias de validação e comparação das diferentes técnicas estudadas, bem como, a sua implementação eficiente no tratamento de problemas com grande volume de dados.***

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

***This UC addresses the generality of computational techniques associated with the area of Computational Intelligence (Neural Networks, Evolutionary Computation, Swarm Intelligence, Fuzzy Sets, Hybrid Systems) while focusing on their application to solving complex problems commonly found whenever analytical formulation is not possible or extremely complex due to factors such as volume, noise or uncertainty. Typical problems include classification, optimization, forecasting, etc., in a wide range of application domains, e.g. bioinformatics, microelectronics, energy, finance, etc. Moreover, validation and comparison methodologies of the different techniques studied are discussed, as well as, their efficient implementation in the treatment of problems with large volumes of data.***

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. **Introdução e conceitos fundamentais da Computação Inteligente.**
2. **Formulação de problemas: análise de complexidade; tipos de objetivos (simples, múltiplos, funções objetivo variáveis no tempo e espaço), etc..**
3. **Modelação de problemas baseada em Redes Neurais (NN) e Conjuntos e Sistemas Difusos (FSS).**
4. **Procura e Optimização baseada em Computação Evolucionária: 1-objectivo (GA, AC, SA, PSO, TS, DE, etc.); Optimização multi-objectivo (NSGA-II, MOGA, MOPSO, MOSA, etc.); Metodologias de comparação de algoritmos (BP, CDF, etc.).**
5. **Sistemas Híbridos**
6. **Computação inteligente de elevado desempenho: paralelização e Cloud Computing.**
7. **Aplicações a diferentes domínios.**

#### 4.4.5. Syllabus:

1. **Introduction and fundamental concepts of Computational Intelligence.**
2. **Problem formulation: classes of problems; complexity analysis; features; types of objectives; data preparation; evaluation and validation; etc.**
3. **Modelling with Artificial Neural Networks (ANN) and Fuzzy Sets and Systems (FSS).**
4. **Search and Optimization with Evolutionary Computation methods: Single-Objective (GA, AC, SA, PSO, TS, DE, etc.); Multi-objective optimization methods (NSGA-II, MOGA, MOPSO, MOSA, etc.); Algorithm comparison methodologies (BP, CDF, etc.).**
5. **Hybrid Systems.**
6. **High-performance Computational Intelligence: parallelization and cloud computing.**
7. **Applications to different domains.**

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):  
50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

*Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches*, J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, and R. Słowiński, 2008, Springer;  
*Fundamentals of Computational Intelligence: Neural Networks, Fuzzy Systems, and Evolutionary Computation:*, J. Keller, D. Liu, and D. Fogel,, 2016, Wiley

### Mapa IV - Controlo Multivariável, Não-Linear e Ótimo

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Controlo Multivariável, Não-Linear e Ótimo****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Multivariable, Nonlinear and Optimal Control*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****SDC*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****49.0*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****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):*****ist11886, João Manuel Lage de Miranda Lemos, 28h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist14388, Pedro Tiago Martins Batista, 63h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Após frequentar com sucesso esta unidade curricular, os alunos deverão ser capazes de projectar sistemas de controlo recorrendo à formulação em espaço de estados para sistemas lineares, não lineares e ótimos, com aplicações à análise e projecto de controladores para sistema complexos, através de exemplos das áreas da robótica, processos industriais, ecologia, sistemas biomédicos e outros.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****After successfully completing this course, the students should be able to design control systems using the state-space formulation for linear, nonlinear and optimal systems, with applications to the analysis and design of complex system controllers for examples in the areas of robotics, industrial processes, ecology, biomedical systems and others.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****1. Modelos lineares de estado. Equação de estado e sua solução. Decomposição modal. Matriz de transição. Realizações de estado. Relações com a função de transferência. 2. Realimentação de variáveis de estado. Controlabilidade e observabilidade. Realizações mínimas. Interpretação em termos de pólos e zeros. Controlador por colocação de pólos através de realimentação linear do estado. Teorema de separação. Seguimento do sinal de referência e efeito integral. 3. Modelo de estado de sistemas não lineares. Pontos de equilíbrio. Linearização. Estabilidade. Métodos indireto e direto de Lyapunov. Equação de Lyapunov. Controladores não lineares. 4. Controlo Ótimo. Princípio de Pontryagin para problemas de tempo terminal fixo e sem restrições no estado terminal. Problemas com restrições no estado terminal. Problema Linear Quadrático. Controlo multivariável. Problema Linear Quadrático Gaussiano (LQG) e filtro de Kalman.*****4.4.5. Syllabus:*****1. Linear state models. State equation and its solution. Modal decomposition. Transition matrix. State realizations.***

*Relations with the transfer function. 2. State feedback. Controllability and observability. Minimum realizations. Interpretation in terms of poles and zeros. Pole-placement controller design through linear state feedback. Separation theorem. Reference signal tracking and integral effect. 3.State model of nonlinear systems. Equilibrium points. Linearization. Stability. Indirect and direct Lyapunov methods. Lyapunov equation. Nonlinear controllers. 4.Optimal Control. Pontryagin's principle for fixed and unrestricted terminal state time problems. Problems with restrictions in the terminal state. Linear Quadratic Problem. Multivariable control. Linear Quadratic Gaussian Problem (LQG) and Kalman filter.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Controlo no Espaço de Estados, J. M. Lemos, 2019, IST Press*

#### **Mapa IV - Controlo e Optimização de Sistemas de Energia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Controlo e Optimização de Sistemas de Energia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Control and Optimization of Electric 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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):*****Luís António Fialho Marcelino Ferreira, 28h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist12937, Célia Maria Santos Cardoso de Jesus, 42h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Estudar a engenharia de controlo e operação de sistemas de energia eléctrica, desde o controlo automático de geração até ao planeamento da exploração em tempo real*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****To study the engineering techniques for control and operation of power systems, from the automatic generation control up to the operations planning for a real-time operation*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****Controlo automático em redes interligadas.******Estimação de estado. Despacho em tempo real. Trânsito de energia otimizado. Afectação de grupos térmicos.******Programação de recursos hídricos. Programação de recursos contratuais e independentes. Coordenação de recursos e programação no contexto de mercado de electricidade.*****4.4.5. Syllabus:*****Automatic control in interconnected networks******State estimation. Real time dispatch. Optimal power flow. Unit commitment. Optimal hydro resource scheduling.******Scheduling contract resources and independent resources. Short-term resource coordination in the context of electricity markets.*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:*****Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*****4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):*****50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua******As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*****4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):*****50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation.******The methodologies for teaching and learning are intended to foster learning based on Problem solving and project realization, reinforcing the practical component, active learning and autonomous work and the student responsibility***

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Power Generation, Operation, and Control, A.J. Wood, B.F. Wollenberg, John Wiley; Power System Stability and Control, P. Kundur, McGraw-Hill; Power Systems Analysis, R. Bergen, V. Vittal, Prentice Hall; Power System Analysis, C.A. Gross, Wiley; Power Systems Analysis, J. Grainger, W.D. Stevenson, McGraw Hill; Modern Power Systems Control and Operation, A.S. Debs, Springer; Electric Energy Systems Theory, O.I. Elgerd, McGraw-Hill; Optimal Control, F.L. Lewis et al., Wiley*

#### **Mapa IV - Sistemas de Comunicações Móveis**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Sistemas de Comunicações Móveis*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Mobile Communication Systems*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist12076, Luis Manuel de Jesus Sousa Correia, 70h*

**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 objetivo é dar formação na área das comunicações móveis terrestres no que se refere aos sistemas de comunicações celulares. Para além dos aspectos básicos, é dada ênfase aos aspectos rádio (desde a interface à rede), com aplicação aos sistemas GSM, UMTS, LTE e NR.*

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

*The objective is to provide training in the area of terrestrial mobile communications regarding cellular communication systems. In addition to the basic aspects, emphasis is given to radio aspects (from interface to network), with application to GSM, UMTS, LTE and NR systems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O programa aborda os aspectos comuns aos vários sistemas de comunicações móveis, bem como de tópicos específicos dos sistemas GSM, UMTS, LTE e NR: Introdução, Distribuições Estatísticas em Telecomunicações, Modelos de Propagação, Antenas para as Bases e os Móveis, Caracterização do Canal Rádio, Redes Celulares, Interface Rádio, Sistemas de Rádio Móvel Privado, Mobilidade e Tráfego, Dimensionamento Celular.*

**4.4.5. Syllabus:**

*The programme addresses the common aspects of mobile communication systems, as well as specific ones of GSM, UMTS, LTE and NR: Introduction, Statistical Distributions in Telecommunications, Propagation Models, Antennas for Bases and Mobiles, Radio Channel Characterisation, Cellular Networks, Radio Interface, Private Mobile Radio Systems, Mobility and Traffic, Cellular Design.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*30% avaliação contínua; 70% avaliação não contínua;*

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

*30% continuous evaluation / 70% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Foundations of Mobile Radio Engineering, M.D. Yacoub, 1993, CRC, Boca Raton, FL, USA; Introduction to Wireless Systems, P.M. Shankar, 2002, John Wiley, New York, NY, USA; Wireless Communications, A.F. Molisch, 2005, John Wiley, Chichester, UK*

**Mapa IV - Sensores e Actuadores****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sensores e Actuadores*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Sensors and Actuators*

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

**Eletr****4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****Francisco André Corrêa Alegria, ist13902, 91h****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):*****Seleccionar sensores e actuadores utilizados na medição e actuação por via eléctrica de diversas grandezas físicas não eléctricas com base no conhecimento dos princípios de transdução, suas especificações e circuitos electrónicos necessários.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Selection of sensors and actuators for electrical measurement and actuation of non-electrical quantities based on their transduction principles, specifications and required electronic circuits.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1) Introdução aos sensores e actuadores (definição, classificação e especificações).**
- 2) Micro e nano tecnologia.**
- 3) Transdutores baseados no campo eléctrico, no campo magnético, em fenómenos mecânicos, em fenómenos térmicos, na radiação eletromagnética e em fenómenos químicos.**
- 4) Redes de sensores e actuadores.**
- 5) Resumo da medição de deslocamento, temperatura e força.**
- 6) Sistemas sensoriais para robótica e navegação.**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1) Introduction to sensors and actuators (definition, classification, specifications).**
- 2) Micro and nano technology.**
- 3) Transducers based on the electric field, on the magnetic field, on mechanical phenomena, on thermal phenomena, in the electromagnetic radiation and on chemical phenomena.**
- 4) Networks of sensors and actuators.**
- 5) Summary of displacement, temperature and force measurement.**
- 6) Sensing systems for robotics and navigation.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Sensors and Actuators, Francisco Alegria, 2019.*

**Mapa IV - Fundamentos de Redes Eléctricas Inteligentes****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Redes Eléctricas Inteligentes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Smart Grid Fundamentals*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 Santos de Carvalho, 49h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Pedro Manuel Santos de Carvalho, ist13407, 49h****Hugo Gabriel Valente Morais, ist428549, 21h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Compreender os desafios das redes eléctricas inteligentes face aos novos paradigmas de operação, gestão e planeamento dos sistemas de energia. Modelizar flexibilidades da rede e das cargas, considerando as possibilidades introduzidas pelas TIC e novas tecnologias de controlo. Desenhar arquitecturas de controlo de redes para resolver os principais desafios das redes inteligentes, e desenvolver espírito crítico sobre potenciais soluções face às limitações impostas pelo sistema físico.***

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

***Understanding smart grid challenges as fostered by new operation, management and planning paradigms. Modeling grid and load flexibility as enabled by new ICT and control technologies. Designing high-level control solutions to address main smart grid challenges, developing a critical judgement about cyber potential solutions and physical intrinsic limitations.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1 CONCEITO DE REDE ELÉCTRICA INTELIGENTE**

- *Novas tecnologias e potencial de modernização da rede*
- *Novos regulamentos, novas normas e 'grid codes' para redes inteligentes*

**2 MONITORIZAÇÃO, CONTROLO E GESTÃO DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES**

- *Monitorização global do sistema, sistemas SCADA e algoritmos de estimação de estado*
- *Optimização em tempo real para suporte à automação e restabelecimento*
- *Controlo tensão/reactiva, coordenação entre TSO e DSO, e novas funcionalidades dos ADMS*

**3 INTERACÇÕES ENTRE RECURSOS DISTRIBUÍDOS E CONSUMIDORES**

- *Caracterização de recursos energéticos distribuídos (RED)*
- *Recolha, análise e classificação de dados de utilização da energia eléctrica*
- *Modelização estocástica do comportamento dos consumidores e disponibilidade de RED*
- *Introdução à gestão da procura, dinâmica de grupos de consumidores, e limitações de controlo*

**4.4.5. Syllabus:****1 SMART GRID CONTEXT**

*New technologies enabling grid modernization*  
*New regulations, grid codes and standards*

**2 GRID MONITORING, CONTROL AND MANAGEMENT**

*Wide area monitoring, new SCADA and state-estimation*  
*Near real-time optimization to support substation automation and self-healing*  
*Integrated voltage-VAR control, coordination between TSOs and DSOs, and the new ADMS functions*

**3 RESOURCE AND CONSUMER INTERACTIONS**

*Characterization of distributed energy resources (DER)*  
*Meter data collection, analysis and classification*  
*Stochastic modeling of customer behavior and DER availability*  
*Demand response approaches, aggregate load dynamics and corresponding control limitations*

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

***O programa endereçam os conteúdos fundamentais à compreensão dos principais desafios das redes eléctricas inteligentes. Começam por apresentar as novas tecnologias que impulsionam os requisitos de inteligência e os regulamentos que enquadram a actuação inteligente, para depois tratar os principais problemas de análise de redes no contexto da actuação sobre as redes (beyond the meter), e finalmente abordar as limitações impostas à actuação inteligente impostas pelas interações com os recursos nodais (behind the meter)***

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

***The syllabus addresses the fundamental contents for understanding the main challenges of smart electricity grids. It begins by introducing the new technologies that drive intelligence requirements and the regulations that frame intelligent action, then addresses the main problems of network analysis in the context of networks control (beyond the meter), and finally addresses the limitations of intelligent control as imposed by the interactions with nodal resources (behind the meter)***

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar uma aprendizagem baseada (1) na reflexão crítica sobre a possível articulação entre os principais problemas impostos às redes e as correspondentes soluções inteligentes preconizadas, enquadrando a actuação nas redes e a gestão dos seus recursos como solução global, integrada (aulas Teóricas), e (2) na experiência de concepção e implementação de soluções avançadas de controlo de redes em contextos operacionais realistas em que os recursos são dinâmicos e/ou incertos (aulas de Problemas).*

*O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa como sejam apresentações rápidas de soluções desenvolvidas em grupo nas aulas de Problemas (50%), e um relatório individual relativo a um projecto de implementação duma solução (50%).*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based (1) on the critical reflection on the possible articulation between the main problems imposed to the networks and the corresponding intelligent solutions recommended, framing the network control and the management of its resources as a global, integrated solution ( Theoretical classes), and (2) the experience of designing and implementing advanced network control solutions in realistic operational contexts in which resources are dynamic and uncertain (Problem classes).*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning, such as flash presentations of solutions developed in groups in Problem classes (50%), and an individual report on na implementation project (50%).*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam adquirir um conhecimento abrangente sobre os diferentes desafios impostos às redes e desenvolver competências específicas sobre soluções inteligentes dirigidas a cada desafio. O conhecimento sobre os principais desafios e respectiva articulação com soluções inteligentes disponíveis é apreendido nas aulas Teóricas e depois concretizado no desenho e implementação de soluções específicas para problemas concretos apresentados nas aulas de Problemas.*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based (1) on the critical reflection on the possible articulation between the main problems imposed to the networks and the corresponding intelligent solutions recommended, framing the network control and the management of its resources as a global, integrated solution ( Theoretical classes), and (2) the experience of designing and implementing advanced network control solutions in realistic operational contexts in which resources are dynamic and uncertain (Problem classes).*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning, such as flash presentations of solutions developed in groups in Problem classes (50%), and an individual report on na implementation project (50%).*

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

*Smart Grid Handbook, Vol. 1, C-C Liu, S Mc Arthur and S-J Lee, 2016, Wiley; Distribution grids of the future, Foundations and Trends in Electric Energy Systems, P M S Carvalho, L A F M Ferreira, A M F Dias, 2018, Vol. 2, No. 4, pp 324-415*

**Mapa IV - Algoritmia em Redes e Aplicações****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Algoritmia em Redes e Aplicações*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Network Algorithms and Applications*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

49.0

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

**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):**

*ist13908, João Luis Costa Campos Gonçalves Sobrinho, 70h*

**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):**

*Expor os alunos aos algoritmos de larga aplicação em redes, nos quais se incluem algoritmos sequenciais, distribuídos, em tempo-real e aleatórios. Ensinar a formular e a resolver problemas em rede em termos algorítmicos.*

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

*Expose students to algorithms with large application in networks, including sequential, distributed, online, and random algorithms. Teach students how to formulate and solve network problems in terms of algorithms.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Criptografia de chave pública e os algoritmos aritméticos de exponenciação e divisão modular.*
- 2. Conectividade em redes e o algoritmo de pesquisa em profundidade.*
- 3. Caminhos mais-curtos e os algoritmos de Dijkstra, de Bellman-Ford, de Johnson e de Warshall.*
- 4. Álgebra para caminhos ótimos genéricos e generalização dos algoritmos de Dijkstra e Bellman-Ford.*
- 5. Encaminhamento de pacotes de dados e os algoritmos distribuídos vectoriais e estado-da-ligação.*
- 6. Fluxo máximo, corte mínimo, método de Ford-Fulkerson e o algoritmo de Edmonds-Karp.*
- 7. Emparelhamentos máximo e estável e o algoritmo de Gale Shapley.*
- 8. Desenho topológico de centros-de-dados.*
- 9. Manutenção de caches e os algoritmos mais-longe-no-futuro e menos-usado-recentemente.*
- 10. Introdução à teoria dos jogos: estratégias dominantes, dominadas e equilíbrios de Nash; aplicações em rede.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Public key cryptography and the arithmetic algorithms for exponentiation and modular division.*
- 2. Connectivity problems in networks and the depth-first search algorithm.*
- 3. Shortest paths and Dijkstra's, Bellman-Ford, Johnson's and Warshall's algorithms.*
- 4. Algebra for generic optimal paths and generalization of Dijkstra's and Bellman-Ford algorithms.*
- 5. Routing of data-packets and vectorial and link-state distributed algorithms.*
- 6. Maximum flow, minimum cut, the Ford-Fulkerson method, and the Edmonds-Karp algorithm.*
- 7. Maximum matchings, stable matchings and the Gale Shapley algorithm.*
- 8. Topological design of data-centers.*
- 9. Cache maintenance and the farthest-in-future and least-recently-used algorithms.*
- 10. Introduction to game theory: dominating and dominated strategies and Nash equilibria; applications of game theory to networking.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of the course, any expert in the field can reach the conclusion that the syllabus, described in point 5, aims to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes, described in point 4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% exame. As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora projectos compatíveis com a redução significativa do peso de avaliação por exames.*

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

*50% continuous evaluation; 50% exam. The teaching/learning methodologies aim to foster detailed learning in solving problems and projects, emphasizing practical knowledge, active learning, autonomous work, and responsibility. The evaluation model incorporates applied projects with a significant reduction in the weight of evaluation by exams.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow the fulfillment of the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds.*

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

*Algorithm Design, Jon Kleinberg and Éva Tardos, 2006, Pearson Addison Wesley;  
Networks, Crowds, and Markets (chapters 6 and 8), David Easley and Jon Kleinberg, 2010, Cambridge University Press;  
BGP in the Data Center, Dinesh G. Dutt, 2017, O'Reilly*

**Mapa IV - Processamento Digital de Sinais****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processamento Digital de Sinais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Digital Signal Processing*

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

*SDC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 dos Santos Salvador Marques, ist11994, 59,5h*

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

*Maria Margarida Campos da Silveira, ist14026, 42h*

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

*O principal objectivo desta disciplina é o de fornecer aos alunos os principais conceitos e as ferramentas fundamentais para o processamento de sinais em tempo discreto. A disciplina de Processamento Digital de Sinais tem uma forte componente prática, apresentando exemplos ilustrativos dos conceitos teóricos e a sua aplicação em situações reais.*

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

*The main goal of this course is to provide the students with the main concepts and the fundamental tools for discrete-time digital signal processing. The PDS course has a strong practical component, presenting examples to illustrate the theoretical concepts and their application to real situations.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Sinais e sistemas discretos: sinais elementares, SLITS, soma de convolução, propriedades.*
- 2. Transformada de Fourier e amostragem.*
- 3. Transformada z: propriedades, transformada inversa, função de transferência, análise de SLITS.*
- 4. Transformada discreta de Fourier: definição, análise de sinais, propriedades, filtragem.*
- 5. Sinais aleatórios.*
- 6. Estimação de parâmetros: método de mínimos quadrados, método de máxima verosimilhança, inferência bayesiana.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Part I ? Discrete Transforms and Filtering*

- 1. Discrete signals and systems*
- 2. Z transform*
- 3. Discrete Fourier transform*
- 4. Digital filtering*

*Part II ? Model Based Signal Processing*

- 5. Random signals*
- 6. Parameter estimation*
- 7. Adaptive filtering*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*In view of the UC's learning objectives, described in 4, any specialist in the subject will be able to verify that all the points of the syllabus, described in 5, aim to provide students with the knowledge and skills necessary for their fulfilment and the acquisition of those objectives*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante.*

*A avaliação tem três componentes: componente laboratorial (45%), exame final (45%) e competências transversais (10%)*

*A componente laboratorial é composta por três trabalhos de laboratório, feitos em grupos de 2 alunos, e um relatório de síntese. A nota de laboratório resulta da interação dos alunos com o professor e da nota do relatório.*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability.*

*The evaluation has three components: laboratory component (45%), final exam (45%) and transversal skills (10%)*

**The laboratory component consists of three laboratory works, done in groups of 2 students, and a synthesis report. The laboratory grade results from the students' interaction with the teacher and the report grade.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental work. This approach will not only fulfil the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different backgrounds and backgrounds.**

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

***Discrete-Time Signal Processing, Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, 1999, Prentice-Hall***

***Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I: Estimation Theory, Steven M. Kay, 1993, Prentice Hall***

#### **Mapa IV - Processamento Multimédia Baseado em Aprendizagem**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Processamento Multimédia Baseado em Aprendizagem***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Learning-Based Multimedia Processing***

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

***Tele***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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):**

***ist13111, Paulo Luís Serras Lobato Correia, 49h***

**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 utilização de dispositivos tecnológicos, comunicando através da Internet, para aceder a uma multiplicidade de serviços que usam dados multimédia para enriquecer a experiência da interação, fazem parte integrante da nossa vida.***

*A informação multimédia pode ser explorada para múltiplos fins, incluindo a autenticação dos utilizadores, entretenimento, ou para fornecer uma experiência de realidade aumentada do mundo que nos rodeia, entre muitos outros exemplos.*

*Este curso aborda o processamento de sinais multimédia, usando conceitos e técnicas de reconhecimento de padrões e de aprendizagem automática. A maioria dos exemplos e projetos serão sobre sistemas de biometria, incluindo sistema mono- e multimodais. Serão consideradas várias aplicações, desde a videovigilância ao reconhecimento e aplicações forenses, mas também aplicações médicas e realidade aumentada.*

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

*Modern lifestyle relies on technological devices, connected over the Internet, to access a vast array of services using multimedia data to enhance the interaction experience. Multimedia information can be explored in many ways, including the authentication of users, entertainment, or to provide an augmented reality experience of the surrounding environment, among many other examples.*

*This course addresses the processing of multimedia signals using pattern recognition and machine learning based concepts and tools. To focus the course, most of the examples and the projects will be centered around biometric systems, covering several media modalities, as well as multimodal combinations. Several applications will be addressed, from surveillance and recognition, to forensics, but also medical applications and augmented reality.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Introdução a Multimédia e a Biometria

*Definições, aquisição, representação, perceção humana, aplicações.*

*Ética e proteção de dados, nomeadamente no contexto da biometria.*

##### 2. Conceitos Básicos de Aprendizagem e de Reconhecimento Biométrico

*Conceitos e ferramentas de aprendizagem (supervisionada, não supervisionada, aprendizagem profunda); arquitetura de sistema, avaliação de desempenho, normalização, exemplos de aplicação.*

##### 3. Sistemas de Reconhecimento Biométrico Mono e Multimodais

*Modalidades biométricas (ex. impressão digital, face, forma de andar, softbiometrics), sistemas multimodais, exemplos de aplicação.*

##### 4. Confiança em Conteúdos Multimédia

*Conteúdos gerados artificialmente. Contramedidas em sistemas de biometria. Exemplos de aplicação.*

##### 5. Outras Aplicações de Biometria

*Aplicações forenses, aplicações médicas, reconhecimento de emoções.*

##### 6. Tendências Futuras

*Desafios, novos sensores, tendências.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Introduction to Multimedia and to Biometrics

*Definitions, MM acquisition, MM representation, human perception, applications.*

*Ethics and data protection, notably in the context of biometrics.*

##### 2. Learning Basics and Tools for Biometric Recognition

*Learning concepts and tools (supervised, unsupervised, deep learning); system architecture, performance evaluation, standardization, application examples.*

##### 3. Unimodal and Multimodal Biometric Systems

*Biometric modalities (e.g., fingerprint, face, gait, softbiometrics), multi-biometrics, application examples.*

##### 4. Multimedia Contents and Trust

*The problem of artificially generated contents, deep fakes. Counteracting attacks to biometric recognition systems.*

*Application examples.*

##### 5. Other Applications of Biometrics

*Biometrics and forensics, medical applications, emotion and mood recognition.*

##### 6. Future trends

*Challenges: covariates, operation “in the wild”, new sensors. Tendencies.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos,*

**reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50% avaliação contínua; 50% exame).**

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

***The teaching approach encourages learning by solving problems and developing projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student responsibility.***

***The evaluation model thus includes continuous evaluation components (problems, projects, homework, etc) compatible with reducing the weight of evaluations by exam (50% continuous evaluation + 50% exam).***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Multimedia Computing, Gerald Friedland and Ramesh Jain, 2014, Cambridge University Press;***

***Computer vision: Principles, algorithms, applications, learning, E.R. Davies, 2018, Elsevier: Academic Press***

***Introduction to Biometrics: Anil Jain, Arun A. Ross, Karthik Nandakumar, 2011. Springer.***

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

***Deep Learning with Python: François Chollet, 2017. Manning Publications.***

**Mapa IV - Sistemas de Informação e Bases de Dados**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Sistemas de Informação e Bases de Dados***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Information Systems and Databases***

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

***SI***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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):**

*ist24686, Bruno Emanuel da Graça Martins, 35h*

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

*ist24950, Paulo Jorge Fernandes Carreira, 21h*

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

*A disciplina faz uma introdução à concepção e análise de bases de dados e desenvolvimento das suas aplicações. O curso foca no modelo relacional, cobrindo o desenho lógico das bases de dados (desenho do esquema) e sua implementação, bem como os sistemas de gestão de transações. Alguns aspetos de engenharia de dados, da recolha ao tratamento analítico, serão também abordados. A disciplina tem como objetivo expor os alunos aos conceitos básicos necessários no desenho e concepção de um sistema de informação, assim como o desenvolvimento de competências transversais para a sua realização no âmbito de um projeto em equipa.*

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

*The course introduces students to database analysis and design, and applications development. The focus is on the relational model, covering the logical design of databases (schema design) and implementation, and transaction processing systems. Aspects of data engineering, from data collection to data analytics, will also be covered. The objective of this course is to expose the student to the basic concepts involved in designing and building an information system, and to practical information systems applications design through a team-based project.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Principais características dos sistemas informação, bases de dados, e processo de desenvolvimento de aplicações. Modelação de informação. Modelos Entidade-Associação e Relacional. Conversão de modelos E-A em relacionais. Linguagens para interrogação de bases de dados. Álgebra e Cálculo Relacionais. SQL. Restrições de Integridade. Integridade referencial. Integridade em SQL Triggers. Arquitetura de aplicações de bases de bases de dados e sua programação. Stored Procedures. Estruturas de Indexação. Processamento e Recuperação de transações Transacções em SQL. Segurança e Controlo de Acesso em Bases de Dados. Dados complexos e XML. Sistemas de apoio à decisão. Data warehousing. OLAP. Métodos de prospecção de dados.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Main characteristics of information systems, Databases and applications development process. Information modelling. The entity-relationship model. The Relational Model. Conversion of Entity-Relationship models into relational models. Database query languages. Relational algebra and calculus. SQL. Integrity constraints. Referential integrity. User constraints. Triggers. Architecture and programming of database applications. Stored procedures. Indexing structures. Transaction processing. Transaction recovery. Transactions in SQL. Security and Access control of databases. Complex and XML data management. Decision Support Systems. Data warehousing. OLAP. Data mining.*

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

*Todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5 se destinam a satisfazer de forma abrangente os objetivos de aprendizagem da UC descritos em 6.2.1.4., visando dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento.*

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

*The full syllabus, as described in 6.2.1.5, is designed to broadly satisfy the learning objectives described in 6.2.1.4., aiming at providing students the competences and the required knowledge and skills to reach the intended learning outcomes.*

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

*40% Projeto (P) com 2 entregas (P1, P2) + 60% Exame final (E)*

*Nota final:  $0.2 \times P1 + 0.2 \times P2 + 0.6 \times E$*

*Nota mínima: 9,5 valores para a média do projeto (P) e 9,5 valores para o exame (E)*

*Trabalhador-estudante (reconhecido): tem de desenvolver o projeto, pode optar o fazer individualmente*

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

*40% Class Project (P) with two parts (P1, P2) + 60% Final Exam (E) ;*

*Final Grade:  $0.2 \times P1 + 0.2 \times P2 + 0.6 \times E$*

*Minimum Grade: 9,5 on (P) and 9,5 on (E)*

*Working-Students (must be formally recognised as such): must complete the project but may develop it individually.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas práticas de demonstração e realização de um projecto onde são exercitadas e demonstradas as competências práticas que constam dos objectivos de aprendizagem. Esta abordagem auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies are based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and a group project for practicing and achieving the intended learning outcomes. This approach will also contribute to levelling the knowledge of students with different backgrounds.*

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

*Database System Concepts , Silberchatz, Korth, Sudarshan, 2005, McGraw Hill; Database Management Systems , Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke , 2002, 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:**

*SDC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist13132, João Fernando Cardoso Silva Sequeira, 91h*

**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):**

- 1. Dar uma visão global da Robótica que permita uma avaliação sólida do uso de robots em vários contextos, e.g., social e manufactura.**
- 2. Desenvolver competências em projecto de robots e avaliação de potencial desempenho.**

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

- 1. To provide a global view of Robotics that allow a sound assessment of the use of robots in relevant contexts, e.g., social and manufacturing.**
- 2. To lead students to master skills in robot design and development.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Visão global da Robótica. Problemas fundamentais. Arquitecturas de robots e componentes. (2h)**
- 2. Sistemas embebidos e integração de sistemas. Ambientes de desenvolvimento. (2h)**
- 3. Representações de orientação. Modelos geométricos: cinemáticas. Cinemática diferencial. (5h)**
- 4. Modelos de dinâmica. (3h)**
- 5. Estratégias de controlo de robots usando modelos cinemáticas e dinâmicos. Extensões para múltiplos robots. Efeitos dinâmicos da integração de hardware e software. (3h)**
- 6. Sensores e actuadores. Modelos e princípios de funcionamento. (2h)**
- 7. Fundamentos de localização de robots. Triangulação e trilateração. (2h)**
- 8. Processamento e combinação (fusão) de dados sensoriais. (3h)**
- 9. O pipeline Condução-Navegação-Controlo em robots (3h)**
- 10. Introdução à interacção humano-robot. (3h)**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. An overview of Robotics and related key topics. Architectures for robots and respective components. (2h)**
- 2. Embedded systems and integration. Development environments. (2h)**
- 3. Representations for orientation. Geometric models: Kinematics. Differential kinematics. (5h)**
- 4. Dynamics models. (3h)**
- 5. Control strategies for robots using kinematics and dynamics models. Extensions to multiple robots. Dynamics effects in the integration of software and hardware. (3h)**
- 6. Sensors and actuators. Models and operating principles. (2h)**
- 7. Foundations of robot localization. Triangulation and trilateration. (2h)**
- 8. Processing and combination (fusion) of sensor data. (3h)**
- 9. The Guidance-Navigation-Control pipeline. (3h)**
- 10. Introduction to human-robot interaction. (3h)**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos apresentados são facilmente comparáveis com os leccionados em escolas de referência a nível global.****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

***The syllabus presented can be easily compared with Robotics courses offered by worldwide reference universities.***

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

***Dois trabalhos de laboratório em grupos de 3 alunos (max), com demonstração final e avaliação de relatório. Uma apresentação-pitch sobre tema à escolha do grupo. Nota = 25% apresentação-pitch + 65% da média dos 2 trabalhos de lab + 10% competências transversais.***

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

***Two lab assignments, to be executed in group (3 students max), with final live demonstration and final report. One pitch presentation on a topic of choice. Grade = 25% pitch + 65% average of the 2 lab assignments + 10% soft skills.***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações. Os trabalhos propostos requerem competências em programação, aspectos computacionais de integração de software e hardware, e em escrita de textos de carácter científico que obriguem os alunos a estabelecerem sinergias entre eles.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations. The proposed assignments require skills in computer programming, computational aspects of software and hardware integration, and skills related to scientific writing that force the students to establish synergies among them.***

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

***Robotics: Modelling, Planning and Control, Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, Giuseppe Oriolo, 2008, Springer; Introduction to Autonomous Mobile Robots, Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, 2004, The MIT Press; 004; Introduction to Robotics: Mechanics and Control John Craig, Prentice Hall, 2004***

**Mapa IV - Análítica de Dados para Redes Inteligentes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Análítica de Dados para Redes Inteligentes***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Data Analytics for 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:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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 Santos de Carvalho, 49h***

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

***Pedro Manuel Santos de Carvalho, ist13407, 49h***

***Hugo Gabriel Valente Morais, ist428549, 21h***

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

***Conceber e desenvolver soluções de analítica de dados capazes de explorar conjuntos de dados de grande dimensão obtidos em múltiplos contextos de operação das redes inteligentes.***

***Compreender a relação entre disponibilidade de dados e a informação extraível desses dados, assim como o impacto dos erros de informação sobre a validade da análise de redes subjacente.***

***Desenvolver capacidade crítica sobre os requisitos de aquisição e armazenamento de dados e perspectivar avanços realistas na operação de redes inteligentes.***

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

***Design and develop data analytics solutions to exploit large-scale multi-context smartgrid datasets. Understand the***

*relationship between data availability and information extracted from data and the impact of information loss onto the underlying grid analysis accuracy. Develop a critical judgement about data acquisition and storage requirements and prospective advances in grid operation.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Redes físicas, problemas dos sistemas de energia eléctrica, e tecnologias operacionais (OT).*
2. *Oportunidades criadas pelas redes cibernéticas, e tecnologias de informação (TI).*
3. *Interação entre os problemas físicos, os requisitos de OT e as possibilidades das TI.*
4. *Métodos estatísticos e analítica de dados para redes inteligentes: a. Redução de dimensionalidade; b. Inferência estatística e classificação; c. Modelização dinâmica*
5. *Desenvolvimento de soluções de analítica de dados para redes inteligentes: a. Gestão de activos e previsão de incidentes apoiada na análise de fiabilidade; b. Optimização da eficiência operacional apoiada na análise de trânsito de energia; d. Supervisão situacional apoiada na estimação de estado*
6. *Perspectiva sobre futuras aplicações da analítica de dados em redes inteligentes, big data e requisitos de armazenamento*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Physical network problems in power systems, and operation technologies (OT)*
2. *Cyber network opportunities in power systems, and information technologies (IT)*
3. *Interaction between the underlying physical problems, OT requirements and IT possibilities.*
4. *Statistical methods and data analytics for smart grids: a. Dimensionality reduction, b. Statistical inference and classification, c. Dynamic modelling.*
5. *Developing data analytics solutions for smart grid problems: a. Asset management and outage forecasting based on reliability-assessment; b. Operational efficiency optimization based on power-flow; c. Situational awareness based on state-estimation.*
6. *Future applications of data analytics in smart grids, big data and storage requirements.*

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

*Os conteúdos programáticos endereçam os aspectos conceptuais mais relevantes para a concepção de soluções de analítica de dados para redes inteligentes, começando por distinguir entre fontes de dados, entre tipos de algoritmos de analítica e finalmente entre categorias de problemas, começando pelos mais genéricos, em que a infraestrutura da rede pode ser ignorada com tal ou muito simplificada e os métodos podem ser out of the shelf, até aos mais específicos, para os quais é necessário desenvolver abordagens que tirem partido das propriedades intrínsecas aos dados que decorrem do facto de terem sido obtidos em infraestruturas de redes.*

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

*The syllabus addresses the most relevant conceptual aspects of the design of data analytics solutions for smart grids, starting by distinguishing between data sources, types of analytical algorithms and finally between problem classes, beginning by the most generic ones, where the network infrastructure can be ignored or very simplified and the methods can be out of the shelf, and ending with the most specific ones, for which it is necessary to develop approaches that take advantage of the intrinsic properties of the data that result from the fact that data were obtained in a network infrastructure.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar uma aprendizagem baseada na reflexão sobre os aspectos conceptuais da re-formulação matemática de problemas clássicos de sistemas energia como problemas de analítica de dados (aulas Teóricas), e na solução desses e de outros problemas em contextos realistas condicionados pela qualidade e disponibilidade de dados típica das plataformas de IT e OT (aulas de Problemas). O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa como sejam apresentações rápidas de problemas resolvidos em grupo nas aulas de Problemas (50%), e um relatório individual relativo ao projecto final (50%).*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on the critical reflection on the conceptual aspects of the re-formulation of classical energy systems problems as data analytics problems (Theoretical classes), and in the solution of these and other problems in realistic contexts as limited by the quality and availability of IT and OT platform data (Problem classes).*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning, such as flash presentations of problems solved in groups in Problem classes (50%), and an individual report on the final project (50%).*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam*

***desenvolver um conhecimento aprofundado dos problemas antes de se lhes apresentar um portefólio de soluções mais ou menos sofisticadas para esses problemas – tal é muito importante para o desenvolvimento de capacidade crítica quanto à aplicação das soluções na resolução de problemas de práticos de engenharia. A capacidade crítica desenvolve-se no confronto entre concepções formais apreendidas nas aulas Teóricas e a experiência da prática, revelada nos desafios da resolução de problemas concretos nas aulas de Problemas.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
***The teaching methods have been designed so that students can develop an in-depth knowledge of the problems before being presented with a portfolio of more or less sophisticated solutions to these problems -- this is very important for the development of a critical judgement about the application of solutions to real engineering problems. The critical capacity is developed in the confrontation between formal conceptions apprehended in Theoretical classes and the experience of practice, revealed in the challenges of solving practical problems in the Problem classes.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
***Smart Grid Handbook, C-C Liu, S. McArthur, S-J Lee, vol. 2, 2016, Wiley; The Elements of Statistical Learning., T. Hastie, J. Tibshirani and R. Friedman, , 2009, Springer; Big Data over Networks, S. Cui, A. Hero III, J. Moura, 2016, Cambridge University Press***

#### **Mapa IV - Redes Veiculares**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Redes Veiculares***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Vehicular Networks***

**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:**  
***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**  
***6.0***

**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):**  
***ist12922, Teresa Maria Sá Ferreira Vazão Vasques, 49h***

**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 do curso, os alunos devem:***  
***- Ter um conhecimento mais amplo dos problemas de mobilidade e da contribuição das redes de veículos para a sua solução.***

- *Compreender os principais princípios das redes veiculares, suas áreas de aplicação, arquiteturas, tecnologias e protocolos, bem como sua inserção na Internet do futuro.*
- *Ser capazes de identificar um problema de mobilidade, projetar e desenvolver uma solução em ambiente de simulação ou em protótipo real usando conceitos de rede veicular.*

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

*At the end of the course, students must be able to:*

- *have a broader knowledge of mobility problems and the contribution of vehicular networks to solve them.*
- *Understand the main principles of vehicular networks, their application areas, architectures, technologies, and protocols, as well as their insertion on the Internet of the future.*
- *Identify a mobility problem, design, and develop a solution either in a simulation environment or in a real prototype using vehicular network concepts.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *Introdução: desafios de mobilidade e impacto social; evolução tecnológica e oportunidades de mobilidade; sistemas cooperativos autónomos; redes sem fios e cenários físicos.*
- 2) *Princípios de arquitetura: arquitetura de rede: desafios da comunicação V2X; stack de protocolos e integração na Internet.*
- 3) *Camada de aplicação: aplicações cooperativas; tipos e casos de uso; requisitos de rede*
- 4) *Camada de serviço: serviços periódicos e baseados em eventos; topologia e endereçamento baseado em localização*
- 5) *Camada de Transporte Rede: modos de comunicação; encaminhamento em MANET; serviços de localização e encaminhamento geográfico; transporte e controlo de congestão; suporte IP. IPv6 e MIP*
- 6) *Camada de acesso: acesso ao meio; IEEE 802.11p e 5G*
- 7) *Segurança e gestão; segurança e PKI; tendências e aspetos em aberto*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1) *Introduction: mobility challenges and societal impact; technology evolution and mobility opportunities; the world of cooperative, connected and autonomous machines; wireless networks and physical scenarios*
- 2) *Architectural principles: network architecture; challenges of V2X communications; protocol stack and integration with Internet stack*
- 3) *Application layer: cooperative applications; application types and use cases; networking issues*
- 4) *Service layer: periodical and event-based services; topology maintenance and location-based identification*
- 5) *Transport & Network layer: modes of communication; MANET routing; location services and geographical routing; transport and congestion control; IP networking support: IPv6 and MIP.*
- 6) *Access layer: medium access & broadcast storm; IEEE 802.11p and 5G*
- 7) *Security & management; security and PKI; open issues and trends*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the*

*knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

***VANET – Vehicular Applications and Internetworking Technologies, Hannes Hartenstein e Kenneth Laberteaux (Editors), 2010, Wiley***

**Mapa IV - Sistemas de Medida de Grande Escala**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Sistemas de Medida de Grande Escala***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Big-Data Measuring Systems***

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

***Eletr***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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):**

***Luís Filipe Soldado Granadeiro Rosado, ist156024, 49h***

**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 objetivo é fornecer uma visão da ligação entre a observação do mundo real e a atuação possibilitada atribuindo a cada objeto, dispositivo ou sistema propriedades que podem ser quantificadas. Este é um dos conceitos subjacentes à Internet das Coisas (IoT), onde através da utilização de sensores, toda uma infra-estrutura está estreitamente ligada às tecnologias de informação e comunicação; onde a monitoração e a gestão inteligentes podem ser alcançados através do uso de dispositivos embutidos em rede. Neste sistema dinâmico, os dispositivos são interligados para transmitir informações de medição úteis e instruções de controle através de redes de sensores distribuídos. O curso deve proporcionar aos alunos a capacidade de interagir com especialistas na concepção e implementação de sistemas que adquiram dados experimentais e de compreender as características dos dados para processá-los utilizando os algoritmos e técnicas mais adequadas e eficientes para obter informação útil.***

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

***The goal is to provide insight into the link between real-world observation and the action made possible by assigning to each object, device or system properties that can be quantified. This is one of the underlying concepts of the Internet of Things (IoT), where through the use of sensors, an entire infrastructure is closely linked to information and communication technologies; where intelligent monitoring and management can be achieved through the use of***

*network embedded devices. In this dynamic system, devices are interconnected to transmit useful measurement information and control instructions through distributed sensor networks. The course should provide students with the ability to interact with experts in the design and implementation of systems that acquire experimental data and to understand the characteristics of the data to process them using the most appropriate and efficient algorithms and techniques to obtain useful information.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1 - Sistemas de medição (sistemas de aquisição de dados/sistemas embutidos): interface com o mundo real: sensores e atuadores; Transdução elétrica; Sinal elétrico - conversão de dados brutos; processamento básico de dados; armazenamento e transmissão de dados.*

*2 - Telemetria.*

*3 - Equipamento e software de fontes de dados experimentais: sensores inteligentes, RFID, sistemas e redes distribuídos com fios e sem fios (redes sem fios de sensores, redes de área do corpo, etc.).*

*4 - Sistemas e computação ubíquos.*

*5 - Exemplos de aplicação.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*1 - Measurement systems (data acquisition systems / embedded systems): real world interface: sensors and actuators; Electrical transduction; Electrical signal - raw data conversion; basic data processing; data storage and transmission.*

*2 - Telemetry.*

*3 - Experimental data source equipment and software: intelligent sensors, RFID, wired and wireless distributed systems and networks (wireless sensor networks, body area networks, etc.).*

*4 - Ubiquitous systems and computing.*

*5 - Application examples.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Advanced Data Acquisition and Intelligent Data Processing. Applications in Monitoring, Measuring and Diagnostics Systems, V. Haasza and K. Madani, 2014, River Publishers Series in Information Science and Technology; Measurement Systems and Sensors Artech House, Norwood, MA, USA, Waldemar Nawrocki, 2016, Artech House, Norwood, MA, USA; RFID Handbook. Applications, Technology, Security and Privacy, Syed Ahson, Mohammad Ilyas Eds, 2008, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, ; Fundamentals of Wireless Sensor Networks. Theory and Practice, Walteneagus Dargie and Christian Poellabauer, 2010, Wiley, UK, ; Pervasive Computing: Next Generation Platforms for Intelligent Data Collection, Ciprian Dobre, Fatos Xhafa, 2016, Academic Press, Elsevier Inc., London, UK, ; Getting Started with the Internet of Things, Cuno Pfister, 2011, O'Reilly Media Inc., Sebastopol, CA, USA*

**Mapa IV - Processamento da Fala****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processamento da Fala*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Spoken Language Processing*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist11803, Isabel Maria Martins Trancoso, 91h*

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

*ist11803, Isabel Maria Martins Trancoso, 91h*

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

*Pretende-se que os alunos dominem os princípios e técnicas básicas da codificação, síntese e reconhecimento de fala, bem como de deteção de características paralinguísticas e extra-linguísticas.*

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

*At the end of this course students are supposed to know the basic principles and techniques of speech coding, synthesis and recognition, as well as the detection of paralinguistic and extra-linguistic characteristics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*A matéria encontra-se estruturada em 7 capítulos. No primeiro capítulo, de carácter introdutório, apresentam-se os objectivos da disciplina e as principais aplicações do processamento de fala e revêm-se os conceitos necessários de processamento digital de sinais. No segundo capítulo, discute-se de uma forma necessariamente breve o modo como os humanos geram e interpretam fala, descrevendo os mecanismos de produção e audição e percepção da fala. Os capítulos seguintes estudam o modo como os computadores simulam esse funcionamento humano, incluindo técnicas de análise do sinal de fala, modelos de codificação e métodos de conversão texto-fala (síntese) e fala-texto (reconhecimento), bem como de reconhecimento do orador e da língua e de deteção de outras características paralinguísticas e extra-linguísticas, com ênfase em técnicas de aprendizagem automática. A matéria inclui aplicações e.g. sistemas multimédia, diálogo, tradução fala-para-fala, e-learning e e-health.*

**4.4.5. Syllabus:**

*The course is structured into 7 chapters. The first introductory chapter presents the goals of the course, and the main applications of spoken language processing. It also briefly reviews the digital signal processing concepts that are needed in this course. The second chapter discusses the way humans generate and perceive speech, describing the*

*production and audition/perception mechanisms. The next chapters study the way computers try to mimic this human performance, including speech signal analysis techniques, speech coding models, text-to-speech conversion (synthesis) and speech-to-text conversion (recognition) techniques, as well as speaker and language recognition and detection of paralinguistic and extra-linguistic characteristics, with a strong emphasis in machine learning approaches. The syllabus includes applications e.g. multimedia systems, dialog, speech-to-speech translation, e-learning and e-health.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (nomeadamente associados aos trabalhos desenvolvidos em sessões laboratoriais, "online quizzes", etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames, propondo-se 50% avaliação contínua e 50% avaliação não contínua.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The teaching methodologies are intended to foster problem-based and project-based learning, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and the student's responsibility. The evaluation model includes continuous evaluation elements in the scope of active learning (lab assignments, on line quizzes) compatible with a significant reduction of the weight of evaluation by exams, amounting to 50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm and System Development, X. Huang, A. Acero, H. Hon, 2001, Prentice-Hall*

#### **Mapa IV - Programação Orientada por Objectos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Programação Orientada por Objectos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Object Oriented Programming*

**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:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****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):****ist13953, Alexandra Sofia Martins de Carvalho, 119h****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 pretende fornecer ao aluno três competências:******(i) obtenção de conhecimentos de modelação e análise centrada em objectos, com base no UML;******(ii) prática de produção de software, usando a linguagem de programação Java;******(iii) aquisição de conhecimentos de computação WWW orientada a objectos, nomeadamente linguagens de marcas, Applets e programação em JavaScript.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****The course three main operational goals are:******(i) object-oriented modelling with UML;******(ii) object-oriented implementation using Java;******(iii) object-oriented Web computing, mainly markup languages, Applets and JavaScript programming.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****1 - História e enquadramento do paradigma OO.******2 - Modelação em UML.******3 - Introdução ao Java.******4 - Classes e objectos em Java.******5 - Métodos em Java.******6 - Herança e associações em Java.******7 - Interfaces e pacotes em Java.******8 - Excepções em Java.******9 - Contentores, Comparadores e Iteradores do J2SE.******10 - Entradas/Saídas J2SE.******11 - Ferramentas SAX e DOM de análise de ficheiros em XML.******12 - Computação em WWW.*****4.4.5. Syllabus:*****1 - OO history and background.******2 - UML modeling.******3 - Introduction to Java.******4 - Classes and objects in Java.******5 - Methods in Java.******6 - Inheritance and associations in Java.******7 - Interfaces and packages in Java.******8 - Java exceptions.******9 - J2SE Containers, Comparators and Iterators.******10 - J2SE Input/Output.******11 - SAX and DOM tools for XML parsing.***

## 12 - WWW computing.

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*The Unified Modeling Language User Guide, Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson, 1999, Addison-Wesley; Java The Complete Core Reference, 11th Edition (The Complete Reference), Mr Kotiyana , 2019.*

## Mapa IV - Instalações e Edifícios Inteligentes

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Instalações e Edifícios Inteligentes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Installations and Intelligent 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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**

*Duarte de Mesquita e Sousa, ist13386, 28h*

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

*1 TA a contratar, 21h*

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

*A UC visa a aquisição de competências necessárias para o projeto de redes e instalações para uso em baixa tensão.*

*Na conclusão da UC, o aluno deverá:*

- *projetar instalações elétricas para edifícios de baixa tensão e outras instalações elétricas;*
- *projetar soluções inteligentes em edifícios de baixa tensão;*
- *projetar os sistemas de proteção para sistemas de baixa tensão;*
- *definir a integração de fontes renováveis e sistemas de armazenamento em redes elétricas de baixa tensão;*
- *avaliar a eficiência energética de instalações inteligentes;*
- *implementar soluções que envolvam eficiência energética em edifícios;*
- *analisar o consumo de energia em edifícios de baixa tensão.*

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

*The course aims at the development of skills necessary for the design of networks and installations for low voltage use.*

*At the completion of the course, the student will:*

- *to design electrical installations for low voltage buildings and other electrical facilities;*
- *to design intelligent solutions in low voltage buildings;*
- *to design the protection systems for low voltage systems;*
- *to define the integration of renewables and storage systems in low voltage electrical grids;*
- *to evaluate the power efficiency of intelligent installations;*
- *to implement solutions engaging power efficiency in buildings;*
- *to analyze the power consumption for low voltage buildings.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Instalações elétricas: caracterização e regras técnicas.*
- 2. Instalações eléctricas de baixa tensão:*
  - a) do posto de transformação ao contador inteligente*
  - b) tipos de cargas e consumos*
  - c) sistemas de proteção*
- 3. Consumo de energia elétrica: perfis de consumo, tarifas e mercado.*
- 4. Eficiência energética em edifícios: avaliação e eficiência energética.*
- 5. Soluções de domótica em edifícios.*
- 6. Gestão e monitorização de consumos: consumidores e prosumidores.*
- 7. Produção de energia para consumo próprio: conceção e enquadramento legal.*
- 8. Integração de energias renováveis em instalações de baixa tensão.*
- 9. Instalações específicas em baixa tensão:*
  - a) Carregadores de veículos elétricos*
  - b) Soluções para armazenamento de energia*
- 10. Certificação energética de edifícios inteligentes.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Electrical installations: characterization and technical rules.*
- 2. Low voltage electrical installations:*
  - a) from the substation to the smart meter*
  - b) types of load and consumption profiles*
  - c) protection systems*
- 3. Electricity consumption: consumption profiles, tariffs and markets.*
- 4. Energy efficiency in buildings: assessment and energy efficiency.*
- 5. Home automation solutions in buildings.*

6. *Consumption management and monitoring: consumers and prosumers.*
7. *Energy production for self consumption: conception and legal framework.*
8. *Integration of renewable energies in low voltage installations.*
9. *Specific low voltage installations:*
  - a) *Electric vehicle chargers*
  - b) *Energy storage solutions*
10. *Energy certification of smart buildings.*

4.4.6. *Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. *Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. *Metodologias de ensino (avaliação incluída): 50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua As metodologias de ensino visam a aprendizagem baseada na realização de projetos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projetos, com o peso de 50%) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50%).*

4.4.7. *Teaching methodologies (including students' assessment): 50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation Teaching methodologies aim at project-based learning, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (projects, with a weight of 50%) compatible with the significant reduction of the weight of assessment by exams (50%).*

4.4.8. *Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. *Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

4.4.9. *Bibliografia de consulta/existência obrigatória: Green and Smart Buildings Advanced Technology Options, Jadhav, Nilesh Y, 2016, Springer, 1st Ed.; Handbook of Energy Systems in Green Buildings, Wang, Ruzhu, Zhai, Xiaoqiang , 2018, Springer,; Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão , 0, 2018, 6.ª edição revista e atualizada, INCM; Eficiência Energética nos Edifícios , , 2017, INCM.ª edição revista e atualizada; Electrical Machines, Drives and Power Systems , Theodore Wildi, 2006, Pearson New International Edition; COMMISSION REGULATION (EU) , , 2016/631, 14/April/2016 , Establishing a network code on requirements for grid connection of generators; Electrical installation guide, , 2018, Schneider Electric*

#### Mapa IV - Eletrónica de Potência para Energia

4.4.1.1. *Designação da unidade curricular: Eletrónica de Potência para Energia*

4.4.1.1. *Title of curricular unit: Power Electronics for Electrical Energy*

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:  
**168.0**

4.4.1.5. Horas de contacto:  
**49.0**

4.4.1.6. ECTS:  
**6.0**

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):  
**José Fernando Alves da Silva, 35h**

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
**Sonia Maria dos Santos Paulo Ferreira Pinto, ist13145, 28h**

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
**Obter competências de base em conversão comutada para energia elétrica: Estudar conversores de comutação natural e suas aplicações. Estudar conversores de comutação forçada e suas aplicações em energias renováveis. Modelar e simular conversores de potência. Ensaiar e avaliar conversores comutados em laboratório.**

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
**To obtain core competencies in switching power conversion: Student should be able to analyse and size natural switching converters and their applications. To analyse and size hard switching converters and their applications in renewable energy. To do the modeling and simulation of power converters. To carry out laboratory experiments and evaluation of switching converters.**

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
**1. Introdução: estrutura dos conversores eletrónicos de potência. 2. - Conversores de comutação pela rede elétrica: retificadores não comandados, ou comandados com circuitos adjacentes ideais. Ligação do gerador ao conversor através de transformador. Associações de retificadores e transmissão em corrente contínua a alta tensão. Estudo com circuitos adjacentes não ideais. Transmissão em corrente contínua. Modelação e controlo. 3. - Estudo dos circuitos de comutação forçada: conversores de contínuo para contínuo fundamentais, seu dimensionamento e principais aplicações em renováveis. 4) Inversores: funcionamento como inversor e como retificador de fator de potência unitário, caracterização, dimensionamento e principais aplicações.**

4.4.5. Syllabus:  
**1. Introduction: electronic power converter topologies. 2. - Line switching converters: uncontrolled and controlled rectifiers with ideal adjacent circuits. Rectifiers with front-end transformers. Rectifier associations and high voltage direct current transmission. Rectifier analysis with non-ideal adjacent circuits. Modeling and control. 3. – Analysis of hard switching circuits: Basic DC-DC converters, sizing and main applications in renewables. 4) Inverters: operation as inverter and as unit power factor rectifier, characterization, sizing and main applications.**

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
**Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da conceção e aplicações teórico-práticos da matéria lecionada permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional de engenharia eletrotécnica, energia, capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e**

*exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos e a resolução de exercícios de aplicação.*

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

*The syllabus contents cover the main topics of conception and theoretical-practical applications of the taught subject, allowing the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his activity as an electrical engineering, energy professional, also enabling him to other learning through autonomous research. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, students are asked to study the contents and solve application exercises.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, laboratórios, fichas eletrónicas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ) de forma a fazer pelo menos 50% de avaliação contínua.*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg projects, laboratories, electronic files, etc.) compatible with the significant reduction of the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ) in order to do at least 50% continuous assessment.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais, permitindo o confronto com problemas reais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental work, allowing the confrontation with real problems. This approach will not only fulfill the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different origins and backgrounds.*

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

*Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3rd ed, Mohan, N., T. Undeland, and W. Robbins., 2002, John Wiley; Notas de apoio às aulas, J. Fernando A. Silva, , ; Guias de Trabalhos laboratoriais, Sónia Ferreira Pinto, J. Fernando A. Silva, ,*

**Mapa IV - Computação Paralela e Distribuída**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Computação Paralela e Distribuída*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Parallel and Distributed Computing*

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

*MTP*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

49.0

4.4.1.6. ECTS:  
6.0

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):  
*ist12850, José Carlos Alves Pereira Monteiro, 70h*

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):  
*Compreender os modelos, técnicas e metodologias de desenvolvimento de algoritmos paralelos. Aprender a analisar e escrever programas paralelos. Obter experiência prática no desenvolvimento de programas para sistemas de memória partilhada e memória distribuída. Visão geral de algoritmos paralelos em diferentes áreas de aplicação.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*Understand the models, techniques, and programming methods for parallel algorithms. Learn to analyse and design parallel programs. Hands-on experience on developing programs for shared- and distributed-memory systems. Overview of parallel algorithms in different application areas.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
*Arquiteturas para computação paralela. Taxonomia de Flynn. Modelos de programação: multicores e multicomputadores; organização da memória; overheads. Análise e síntese de algoritmos paralelos: particionamento de problemas; organização dos dados; comunicação e sincronização; balanceamento de carga; agendamento. Métricas de desempenho. Programação de sistemas de memória partilhada: OpenMP, threads, condições de corrida, deteção de deadlock. Programação de sistemas de memória distribuída: redes de interligação; passagem de mensagens, MPI. Programação híbrida. Computação heterogénea: GPU; FPGA. Áreas de aplicação: métodos numéricos: multiplicação de matrizes, sistemas de equações lineares; algoritmos em grafos; ordenação; algoritmos de procura e otimização; métodos de Monte Carlo; outros.*

4.4.5. Syllabus:  
*Parallel computing architectures. Flynn's taxonomy. Programming models: multicores and multicomputers; memory organization; overheads. Analysis and synthesis of parallel algorithms: problem partitioning; data organization; communication and synchronization; load balancing; scheduling. Performance metrics. Programming shared-memory systems: OpenMP, threads, race conditions, deadlock detection. Programming distributed-memory systems: interconnection networks; message-passing, MPI. Hybrid programming. Heterogenous computation: GPU; FPGA. Application areas: numerical methods: matrix multiplication, systems of linear equations; algorithms on graphs; sorting; search and optimization algorithms; Monte Carlo methods; others.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos,*

*trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames, propondo-se 60% avaliação contínua e 40% avaliação não contínua.*

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

*The teaching methodologies are intended to foster problem-based and project-based learning, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and the student's responsibility. The evaluation model includes continuous evaluation elements in the scope of active learning (lab assignments, on line quizzes) compatible with a significant reduction of the weight of evaluation by exams, amounting to 60% continuous evaluation / 40% non-continuous evaluation.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers, Barry Wilkinson and Michael Allen, 2005, Prentice Hall; Parallel Programming, Michael Quinn, 2003, McGrawHill; Designing and Building Parallel Programs : Concepts and Tools for Parallel Software Engineering, Ian Foster, 1995, Addison Wesley*

**Mapa IV - Processamento de Big Data**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Processamento de Big Data*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Processing Big Data*

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

*SDC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 Castilho Pereira Santos Gomes, 28h**

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

**1 TA a contratar, 21h**

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

- 1. Compreensão da necessidade da validação de modelos e estimação do erro de generalização a partir de grandes volumes de dados reais. Compreensão do papel da análise exploratória para Big Data.**
- 2. Compreensão das assunções e das implicações dos métodos de aprendizagem quando aplicados a Big Data.**
- 3. Aquisição de conhecimentos sobre métodos de otimização para aprendizagem em larga escala.**

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

- 1. Understanding of model validation and generalization error on real data. Understanding of the role of Exploratory Data Analysis for Big Data processing.**
- 2. Understanding of the assumptions and applicability of learning methods for Big Data.**
- 3. Knowledge of optimization methods for large scale learning.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Teoria da generalização, Análise exploratória de dados (2h)**
- 2. Redução de dimensionalidade: PCA (10h)**
  - a) SVD;**
  - b) Redução de dimensionalidade para Big Data: Modelos de low rank, considerando dados omissos e com tipos de dados heterogéneos;**
  - c) Redução de dimensionalidade para Big Data Streams: Matrix sketching**
- 3. Clustering (6h)**
  - a) Revisão dos métodos tradicionais de clustering**
  - b) Clustering para Big Data: extreme clustering, clustering distribuído**
- 4. Aprendizagem supervisionada (6h)**
  - a) Revisão de métodos de Regressão e classificação**
  - b) Aprendizagem supervisionada para Big Data: Losses para dados de tipos heterogéneos, método de descida de gradiente, métodos de gradiente estocástico, métodos em batch.**
- 5. Tópicos avançados ( a)+b) ou c)+d) ) (4h)**
  - a) Modelos Gráficos Probabilísticos (PGM)**
  - b) PGM para Big Data streams: streaming variational inference**
  - c) Aprendizagem com dados não balanceados**
  - d) Aprendizagem não balanceada para Big Data Streams**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Generalization theory, Exploratory Data Analysis (2h)**
- 2. Dimensionality reduction: PCA (10h)**
  - a) The SVD;**
  - b) Dimensionality Reduction for Big Data: Generalized low rank models for missing data and heterogeneous data types;**
  - c) Dimensionality Reduction for Big Data Streams: Matrix sketching**
- 3. Clustering (6h)**
  - a) Review of traditional clustering methods**
  - b) Clustering for Big Data: extreme clustering, distributed clustering**
- 4. Supervised learning (6h)**
  - a) Review of Regression and classification methods**
  - b) Supervised learning for Big Data: Losses for heterogeneous data types, gradient method, stochastic gradient method, batch stochastic gradient method**
- 5. Advanced topics (choose a)+b) or c)+d) ) (4h)**
  - a) Probabilistic graphical models**
  - b) Graphical models for Big Data streams: streaming variational inference**
  - c) Learning from imbalanced datasets**
  - d) Imbalanced learning for Big Data Streams**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Learning from Data, Abu-Mostafa, Magdon-Ismail, and Lin, 2012, AMLBook; Foundations of Data Science, Hopcroft and Kannan, 20320, Cambridge University Press; Mining of Massive Datasets. , Jure Leskovec, Anand Rajaraman, Jeffrey David Ullman, 2014, Cambridge University Press; Pattern Recognition and Machine Learning, Christopher Bishop, 2006, Springer-Verlag New York; Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy , 2012, MIT Press.; The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. , Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, 2013, Springer; Python machine learning, Raschka, 2015, Packt Publishing Ltd*

**Mapa IV - Optoeletrónica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Optoeletrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Optoelectronics*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 Sérgio de Brito André, ist17890, 25h***

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

***António Baptista, ist12033, 24 h***

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

***O principal objetivo da Unidade Curricular de Optoelectrónica é o de fornecer aos alunos os conhecimentos essenciais necessários para a compreensão, análise, dimensionamento e utilização de sistemas que incorporem componentes optoelectrónicos. Nesse sentido são estudados os componentes optoelectrónicos básicos e é feito o seu enquadramento em diversas aplicações específicas de Engenharia, nomeadamente em telecomunicações, iluminação, deteção e a conversão fotovoltaica.***

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

***The main objective of the Optoelectronic Course Unit is to provide students with the essential knowledge necessary to understand, analysis, design and use systems incorporating optoelectronic components. In this sense, basic optoelectronic components are studied and its framework is applied to several specific engineering applications, namely, telecommunications, lighting, sensing and photovoltaic conversion***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***- Cap 1: Enquadramento e perspectiva geral***

***- Cap 2: Fundamentos Teóricos***

***- Cap 3: Detectores ópticos***

***- Cap 4: Emissores ópticos***

***- Cap 5: Controladores ópticos***

***- Cap 6: Aplicações***

**4.4.5. Syllabus:**

***- Chapter 1: Background and general outlook***

***- Chapter 2: Theoretical Foundations***

***- Cap 3: Optical receivers***

***- Cap 4: Optical emitters***

***- Cap 5: Optical controllers***

***- Cap 6: Applications***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos***

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.***

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

***50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua***

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

**50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Slides of the visual support used in the classes; Semiconductor physics and devices: basic principles, Donald A. Neamen, Irwin, 2003, ISBN: 9780071231121*

**Mapa IV - Regimes Transitórios em Redes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Regimes Transitórios em Redes*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Power Systems Transients and Stability*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*José Manuel Dias Ferreira de Jesus, 49h*

**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):**  
*Modelar o Sistema de Energia Eléctrica (SEE) em regime dinâmico. Analisar, numa óptica sistémica, os transitórios electromecânicos e electromagnéticos, e apresentar os métodos computacionais aplicáveis.*

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

*To develop dynamic models of the Power System. To provide the tools that are adequate to study both the electromagnetic and electromechanical transient behavior of Power Systems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Transitórios Electromagnéticos*

*Tipos de sobretensão.*

*Sobretensões de Manobra: Disjuntores; Tipos de disjuntores; Corte de uma corrente de curto-circuito; Tensão de Restabelecimento e Tensão Transitória de Restabelecimento (TTR); Tensão de Restabelecimento à frequência nominal; Corte de correntes capacitivas; Corte de correntes de magnetização; Propagação das ondas electromagnéticas em linhas; Defeito quilométrico.*

*Cálculo digital de transitórios electromagnéticos: Elementos de parâmetros concentrados; Elementos de parâmetros distribuídos; Elementos não lineares; Equações nodais; Alterações de topologia.*

*Transitórios Electromecânicos*

*Modelos das máquinas síncronas; Equação de oscilação; Critério de igualdade das áreas; Modelo clássico - solução no domínio do tempo por integração numérica; Modelos do regulador de tensão; Modelos dos reguladores carga-velocidade; Solução no domínio do tempo do modelo completo.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Electromagnetic Transients*

*Types of overvoltages*

*Switching Transients: Circuit breakers; Types of circuit breakers; Switch opening; Recovery voltages and transient recovery voltages (TRV); TRV standards; Recovery voltages in three phase circuits; Interruption of inductive and capacitive currents; Wave propagation. The kilometric fault.*

*Computation of electromagnetic transients: Basic circuit elements; Lines and cables; Non-linear elements; Nodal equations; Changes in the topology.*

*Electromechanical Transients*

*Synchronous machine models; The swing equation; Equal area criterion; Time domain analysis of a single machine –infinite bus system: the classical model; Models of the automatic voltage regulators; Models of the turbine-governor systems; Time domain solution of the single-machine – infinite bus complete model; Time domain simulation of multi-machine systems.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams (≤50%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Redes de Energia Eléctrica: uma análise sistémica, J.P. Sucena Paiva: , 2007, IST Press, 2ª Ed ; Electric Energy Systems: Analysis and Operation , Antonio Gómez-Exposito; Antonio Conejo; Claudio Canizares, 2009, CRC Press,; Power Systems Analysis, Arthur R. Bergen; Vijay Vittal, 2000., 2 Edition Prentice Hall,; Power System Dynamics and Stability, Peter Sauer; M.A. Pai: , 1998, Prentice Hall, ; Power Stability and Control, Prabha Kundur:, 1994., McGraw-Hill,*

#### **Mapa IV - Programação de Sistemas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Programação de Sistemas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Systems Programming*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist14028, João Nuno de Oliveira e Silva, 28*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist12270, Luis Miguel Silveira, 21  
1 TA a designar, 21*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*São objetivos desta UC dotar os alunos com conhecimentos e competência suficientes para a programação e desenvolvimento de sistemas compostos por diversos processos, sendo abordados conceitos de desenho de sistemas, uso de mecanismos de comunicação entre processo e persistência de dados.*

**No fim da UC os alunos serão capazes de:**

- **Compreender os conceitos teóricos relacionados com o desenho e especificação de sistemas compostos por diversos processos**
- **Conhecer e aplicar metodologias de descrição de sistemas**
- **Conhecer os diversos modelos arquiteturais e saber em que circunstâncias os aplicar**
- **Compreender a gestão de processos nos Sistemas Operativos atuais**
- **Conhecer e aplicar diversos modelos de sincronização entre processos**
- **Conhecer e aplicar diversos modelos de comunicação entre processos**
- **Conhecer e compreender mecanismos de modelação e armazenamento de dados**

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

*The main objectives of the Course are to provide students with sufficient knowledge and competence for the programming and development of systems composed of various processes, including concepts of systems design, use of communication mechanisms between processes and data persistence.*

*After successful course completion students will be able to:*

- **Understand the theoretical concepts related to the design and specification of systems composed of various processes.**
- **Know and apply system description methodologies**
- **Know the various architectural models and know under what circumstances apply them**
- **Understand process management in current Operating Systems**
- **Know and apply various models of synchronization between processes.**
- **Know and apply various models of communication between processes**
- **Know and understand data storage mechanisms**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Arquiteturas de Software**

**Introdução ao SysML-Lite**

**Gestão de processos em Unix**

**Sincronização entre processos em Unix**

**Comunicação entre processos**

**Comunicação indirecta (message queues)**

**Mecanismos de modelação e persistência de dados (introdução ao SQL)**

**Middleware de Object-relational mapping**

**4.4.5. Syllabus:**

**Software Architectures**

**Introduction to SysML-Lite**

**Unix Process Management**

**Unix Process Synchronization**

**Communication between processes**

**Indirect communication (message queues)**

**Data persistence mechanisms**

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.”*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos faseados e relatórios) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames.*

**Avaliação:**

- **Exame (50%)**
- **O projecto contribuirá com os seguintes pesos :**
- **Entrega intermédia (20 %)**
- **Entrega final (20%)**
- **Relatório(10%)**

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

*The teaching methodologies will promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability.*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment, supported by active learning (phased projects and reports) with the aim to significantly reduce the weight of assessment by exams.*

**Evaluation:**

- Exam (50%)

- The project will contribute with the following weights:

- Intermediate assignment (20 %)

- Final Assignment (20%)

- Report (10%)

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais.*

*Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Microsoft Application Architecture Guide - patterns and practices, Vários, 2008, Microsoft;*

*SysML Distilled - A Brief Guide to the Systems Modeling Language, Lenny Delligatti, 2014, Pearson Education, Inc;*

*Advanced Programming in the UNIX Environment, W. Richard Stevens, et al, 2005, Addison-Wesley;*

*RabbitMQ, Martin Toshev, 2015, Packt Publishing;*

*Seven Databases in Seven Weeks, Second Edition, Luc Perkins, Jim Wilson, Eric Redmond, 2018, The Pragmatic Programmers*

**Mapa IV - Comunicação Multimédia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Comunicação Multimédia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Multimedia Communication*

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12263, Fernando Manuel Bernardo Pereira, 49h*

**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 UC de Comunicação Multimédia parte do reconhecimento de que o mundo se transformou devido à proliferação de sistemas de comunicação multimédia e concentra-se nos principais sistemas de comunicação multimédia bem como numa das principais tecnologias associadas ou seja a codificação de fonte. Neste contexto, esta UC tem o objectivo de estudar e discutir os principais conceitos, ferramentas, sistemas e serviços associados às tecnologias de representação multimédia, nomeadamente imagem, vídeo e áudio.*

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

*The Multimedia Communication course acknowledges that the world has been transformed due to multimedia communications and concentrates on the most important multimedia communication systems as well as on the main enabling technology, this means source coding. This course addresses the key concepts, tools, systems and services in multimedia information representation, notably for image, video and audio.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à comunicação multimédia.*
- 2. Conceitos de representação multimédia.*
- 3. Sistemas visual e auditivo humanos.*
- 4. Qualidade e avaliação de qualidade.*
- 5. Representação de imagem e vídeo digitais: conceitos, ferramentas e normas.*
- 6. Representação de outra informação visual digital: conceitos, ferramentas e normas.*
- 7. Representação de áudio digital: conceitos, ferramentas e normas.*
- 8. Multiplexagem e sincronização de informação multimédia.*
- 9. Principais sistemas de comunicação multimédia, nomeadamente comunicações pessoais, TV digital, armazenamento e sistemas 3D: requisitos, arquiteturas e soluções.*
- 10. Tendências futuras dos sistemas e serviços multimédia com ênfase nas tecnologias de representação.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to multimedia communication.*
- 2. Multimedia representation concepts.*
- 3. Human visual and auditory systems.*
- 4. Quality and quality assessment.*
- 5. Digital image and video representation: concepts, tools and standards.*
- 6. Other digital visual information representation: concepts, tools and standards.*
- 7. Digital audio representation: concepts, tools and standards.*
- 8. Multiplexing and synchronization of multimedia information.*
- 9. Main multimedia communication systems, notably videotelephony, videoconference, digital TV, storage, 3D systems: requirements, architectures and tools.*
- 10. Future trends on multimedia systems and services with emphasis on multimedia representation*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.*

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

*A metodologia de ensino combinará as componentes teórica e prática de forma a que os conceitos e as tecnologias façam sentido no seu conjunto. Para além disso, será estimulada a componente comunicacional, quer oral quer escrita,*

*através de um projecto que decorrerá ao longo do semestre.*

*O método de avaliação inclui três componentes:*

- *Exame final realizado após o final das aulas (com peso de 50%);*
- *Projecto ao longo do semestre sobre um tema à escolha, incluindo um artigo de divulgação científica, a correspondente página Web e um vídeo de 3 minutos (com peso de 35%)*
- *Avaliação contínua através de perguntas feitas nas aulas teóricas (com peso de 15%)*

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

*The teaching methodology will combine theoretical and practical components in a way that concepts and technologies align together. Moreover, the communication competences, written and oral, will be exercised through a project to be developed along the semester.*

*The assessment methodology considers three components:*

- *Final exam after the lecture period (weight 50%).*
- *Project along the semester on a theme to be selected by the students video (weight 35%).*
- *Questions along the semester in the theoretical lectures (weight 15%).*

- *Projecto ao longo do semestre sobre um tema à escolha, incluindo um artigo de divulgação científica, a correspondente página Web e um vídeo de 3 minutos (com peso de 35%)*

- *Avaliação contínua através de perguntas feitas online nas aulas teóricas (com peso de 15%)*

*Estas componentes visam avaliar o aluno através de várias componentes complementares, tornando-o assim num profissional versátil e multifacetado.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência e discussão de conceitos teóricos e sua implementação prática através da utilização de aulas teóricas, práticas e de laboratório e ainda de um projecto que combina a componente técnica com outras competências, nomeadamente as capacidades de comunicar, oral e escrita, e ainda literacia multimédia.*

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

*The teaching methodologies will be based on the transfer and discussion of theoretical concepts and their practical implementation, through theoretical, practical and laboratory lectures and a project combining the technical component with horizontal skills components, such as written and oral communication, and multimedia tools competences.*

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

*Comunicações Audiovisuais: Tecnologias, Normas e Aplicações, F. Pereira , 2009, IST Press*

### Mapa IV - Aplicações Distribuídas sobre a Internet

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Aplicações Distribuídas sobre a Internet*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Distributed Applications in the Internet*

#### 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:

*168.0*

#### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*49.0*

#### 4.4.1.6. ECTS:

6.0

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):

*ist14028, João Nuno de Oliveira e Silva, 49h*

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):

*São objetivos desta UC dotar os alunos com conhecimentos e competências suficientes para o desenvolvimento de sistemas computacionais e aplicações distribuídas na Internet.*

*No final desta UC os alunos serão capazes de:*

- *Compreender os diversos problemas inerentes ao desenvolvimento de uma aplicação para a Internet*
- *Compreender, comparar e avaliar as diversas arquiteturas de aplicações na Internet*
- *Avaliar a aplicabilidade das diversas arquiteturas*
- *Conhecer e saber aplicar tecnologias e sistemas existente para o desenvolvimento de aplicações distribuídas na internet*
- *Desenvolver aplicações distribuídas na Internet usando as tecnologias existentes: armazenamento, processamento, comunicação e apresentação*

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

*The main objectives of the Course to provide students with sufficient knowledge and skills to develop computer systems and distributed applications on the Internet.*

*After successful course completion students will be able to:*

- *Understand the various problems inherent in developing an Internet application.*
- *Understand, compare and evaluate the various application architectures on the Internet.*
- *Evaluate the applicability of the various architectures*
- *Know and apply existing technologies and systems for the development of distributed internet applications.*
- *Develop distributed Internet applications using existing technologies: storage, processing, communication and presentation.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução aos sistemas distribuídos de grande escala*

*Arquiteturas de sistemas distribuídos*

*Identificadores de recursos e sistemas de nomes*

*Soluções para a heterogeneidade de dados na internet (JSON e XML)*

*Remote Procedure Calls*

*WebServices SOAP e REST*

*Código Móvel*

*Mecanismos de modelação e persistência de dados (introdução ao SQL)*

*Middlewares de Object-relational mapping*

*Modelos de serviço para computação na Nuvem (IaaS, PaaS, SaaS)*

*Modelos de programação para a Nuvem*

4.4.5. Syllabus:

*Introduction to large scale distributed systems*

*Distributed system architectures*

*Resource identifiers and naming systems*

*Solutions for internet data heterogeneity (JSON and XML)*

*Remote Procedure Calls*

*SOAP and REST webServices*

*Mobile code*

*Data modelling and Persistence mechanisms (Introduction to SQL)*

*Object-relational mapping middlewares*

*Cloud computing models(IaaS, PaaS, SaaS)*

### Cloud Programming models

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos faseados e relatórios) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames.*  
**Avaliação:**  
 - Exame (50%)  
 - O projecto contribuirá com os seguintes pesos :  
 - Entrega intermédia (20 %)  
 - Entrega final (20%)  
 - Relatório(10%)

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The teaching methodologies will promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment, supported by active learning (phased projects and reports) with the aim to significantly reduce the weight of assessment by exams.*  
**Evaluation:**  
 - Exam (50%)  
 - The project will contribute with the following weights:  
 - Intermediate assignment (20 %)  
 - Final Assignment (20%)  
 - Report (10%)

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Distributed Systems: Concepts and Design , George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg and Gordon Blair, , Addison Wesley;  
 Cloud Architecture Patterns, Bill Wilder, 2012, O'Reilly Media;  
 REST in Practice, Hypermedia and Systems Architecture, Savas Parastatidis, et al, 2010, O'Reilly Media;  
 Seven Databases in Seven Weeks, Second Editio, Luc Perkins, Jim Wilson, Eric Redmond, 2018, The Pragmatic Programmers*

### 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12400, Carlos Manuel Ribeiro Almeida, 49h*

**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):**

*Familiarização com sistemas embebidos tempo-real, incluindo aspectos relacionados com a sua especificação, desenvolvimento e teste.*

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

*Familiarization with embedded and real-time systems, including aspects related to specification, implementation and test.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Introdução aos Sistemas Embebidos e Sistemas Tempo-Real*
- *Tipos de sistemas tempo-real*
- *Restrições temporais: origem e caracterização; problemas inerentes*
- *Paradigmas de captura do estado: controlo por eventos e por tempo; caracterização; implementação usando rotinas de interrupção e executivos multi-tarefa*
- *Conceitos de escalonamento: tarefas com restrições temporais explícitas; taxonomia de escalonamento de tarefas*
- *Escalonamento de tarefas periódicas: escalonamento estático cíclico; escalonamento dinâmico usando prioridades fixas e dinâmicas*
- *Processamento de tarefas aperiódicas/espórádicas: Servidores de prioridades fixas; Servidores de prioridades dinâmicas*
- *Acesso a recursos partilhados: problema da inversão de prioridades; herança de prioridades; protocolos de tecto de prioridade*
- *Sistemas operativos tempo-real: estruturas internas; gestão de tarefas*
- *Outras aplicações do escalonamento tempo-real: tráfego em barramentos partilhados; tarefas em multiprocessadores*

**4.4.5. Syllabus:**

- *Introduction to embedded systems and real-time systems.*
- *Types of real-time systems.*
- *Temporal restrictions: source and characterization; problems associated with incorrect temporal behaviour.*
- *Paradigms for state capture: event-triggered and time-triggered; characterization; implementation using interrupt*

*routines and a multitasking kernel.*

- *Scheduling concepts: models of tasks with explicit temporal restrictions; task scheduling taxonomy.*
- *Periodic task scheduling: cyclic static scheduling; dynamic task scheduling using fix and dynamic priorities.*
- *Aperiodic/sporadic task processing: fixed priority servers; dynamic priority servers.*
- *Access to shared resources: priority inversion problem; priority inheritance; priority ceiling protocols.*
- *Real-time operating systems: internal structures of multitasking kernels; task management.*
- *Other applications of real-time scheduling: traffic scheduling in shared buses; task scheduling on multiprocessors.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The teaching methodologies are intended to increase the learning based on problem resolution and projects, increasing the practical component, the active learning, autonomous work and student responsibility. The evaluation method incorporates elements of continuous evaluation in the context of active learning (e.g. projects, home work, mini-tests, etc.) compatible with the significant reduction of the weight of evaluation by exams (≤50%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Real-time Operating Systems Book 1: The Theory (The engineering of real-time embedded systems), Jim Cooling, 2019, Independently published.; Real-time Operating Systems Book 2 - The Practice: Using STM Cube, FreeRTOS and the STM32 Discovery Board (The engineering of real-time embedded systems), Jim Cooling, 2017, Independently published; Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design, Fourth Edition, Marilyn Wolf, 2016, Morgan Kaufmann; Real-Time Systems and Programming Languages (Fourth Edition), Alan Burns, Andy Wellings, 2009, Addison Wesley;*

#### Mapa IV - Sistemas de Comunicações Óticas

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Sistemas de Comunicações Óticas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Optical Communication Systems*

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

**4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****49.0*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****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):*****ist18822, Paulo Sérgio de Brito André, 25h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist12027, João José de Oliveira Pires, 24h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Fornecer uma perspetiva moderna dos sistemas de telecomunicações óticas, e estudar as principais tecnologias e técnicas que suportam estes sistemas. Apresentar as metodologias apropriadas para analisar o desempenho e projetar estes sistemas de telecomunicações baseados em sinais óticos.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****The main objective of the optical communications systems Course Unit is to provide a modern perspective on optical telecommunications systems and study how key technologies and techniques support these systems. To present the appropriate methodologies for analyzing the performance and designing of the optical telecommunications systems*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução aos sistemas ópticos**
- Espectro, comprimentos de onda e bandas*
- Aspectos básicos de transmissão, modulação e multiplexagem*
- Marcos na evolução da tecnologia ótica, Evolução dos sistemas*
- 2. Tecnologias**
- Fibras ópticas, cabos ópticos e aplicações*
- Lasers semicondutores*
- Fotodiodos e receptores ópticos*
- Amplificadores ópticos*
- 3. Sistemas de canal único**
- Transmissão digital e critério Nyquist*
- Receptores ópticos para detecção direta e coerente*
- Sistemas com cadeias de amplificadores*
- 4. Sistemas multiplexados por divisão de comprimento de onda**
- Conceitos e dispositivos para multiplexagem*
- Limitações dos sistemas WDM*
- Redes de transporte óptico*
- Codificação de canal*
- Projeto de ligações amplificadas com FECs*
- 5. Redes de acesso ópticas**
- Rede de acesso convencional e suas limitações*
- Arquiteturas de rede e tipos de PON*
- Instalação em aplicativos FTTH*
- Camada física para o GPON e EPON*
- Sistemas de comunicação em espaço livre*
- Dimensionamento de PON e orçamento de energia*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to Optical Communications Systems**
- Optical spectrum, wavelengths and bands*
- Basic aspects of transmission, modulation and multiplexing*
- Landmarks in optical technology evolution*
- Systems evolution*
- 2. Technologies**
- Optical fibres, optical cables and applications*
- Semiconductor lasers*
- Photodiodes and optical receivers*
- Optical amplifiers*
- 3. Single-channel systems**
- Digital transmission and Nyquist criterion*
- Direct and coherent detection*
- Optical receivers for direct and coherent detection*
- Designing systems with amplifiers chains*
- 4. Wavelength-Division Multiplexed systems**
- WDM concepts*
- Devices for multiplexing*
- Limitations of WDM systems*
- Optical Transport Networks*
- Channel coding*
- Designing of optically amplified links with FECs*
- 5. Optical access networks**
- Conventional access network and its limitations*
- Network architectures and PON types*
- Installation in FTTH applications*
- Physical layer for the GPON and EPON*
- VLC*
- PON dimensioning and power budget*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.”*

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.**

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).**

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

**The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams (≤50%).**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental work. This approach does not only execute the objectives as an aid or leveling the knowledge of students with different experiences and backgrounds.**

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

**Fiber-optic Communication Systems, G. P. Agrawal , 2003, Wiley InterScience, John Wiley & Sons, 2ª edição; Lightwave Technology – Telecommunication Systems, G. P. Agrawal , 2005, J. Wiley Interscience; Optical Networks: a Practical Perspective , R. Ramaswamy, K. Sivarajan , 2002, Morgan Kaufmann, segunda edição**

**Mapa IV - Sistemas Integrados de Radiofrequência**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Sistemas Integrados de Radiofrequência**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Radiofrequency Integrated Systems**

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

**Eletr**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**49.0**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6.0**

**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 Manuel Torres Caldinhas Simões Vaz, ist12567, 49h*

**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 relacionadas com a análise e projecto de circuitos integrados (IC) para aplicações de rádio frequências (RF), não só ao nível de blocos individuais para uma determinada função, mas também em arquiteturas de emissores e receptores.*

*Uma ênfase especial será dada à tecnologia CMOS.*

*Familiarizar-se com as ferramentas CAD/CAE para projecto de circuitos integrados de modo ser capaz de fazer simulações e obter as máscaras finais prontas para fabricação.*

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

*To acquire knowledge for the analysis and design of integrated circuits (IC) for radio frequency (RF) applications, not only at individual block level for a specific function, but also at emitter and receiver architecture level. A special focus will be given to CMOS technology. To become familiar with CAD/CAE software tools and be capable of integrated circuits simulation and layout design ready for fabrication.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1- Introdução ao projecto em altas frequências*

*Tecnologias integradas para altas frequências*

*Componentes e modelos para RF ICs*

*Técnicas de projecto de circuitos em altas frequências*

*2 - Amplificação de sinal em RF*

*Amplificadores de baixo ruído*

*Amplificadores de potência eficientes*

*3 - Conversão de frequência de sinal*

*Misturadores de frequência*

*Divisores e duplicadores de frequência*

*4 - Geração de sinal*

*Osciladores com frequência controlada*

*Osciladores de referência*

*Sintetizadores de frequência*

*5 - Emissores e receptores*

*Arquiteturas heterodina, homodina*

*e de baixa frequência intermédia.*

*Filtros e sinais complexos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1 - Introduction to high frequency design*

*Fast Integrated technologies*

*Components and models for RF ICs*

*High frequency circuit design techniques*

*2 - RF Signal amplification*

*Low-noise amplifiers*

*High-efficiency power amplifiers*

*3 - Signal frequency conversion*

*Frequency mixing*

*Frequency doublers and dividers*

*4 - Signal generation*

*Oscillators frequency control*

**Reference frequency oscillators  
Frequency synthesizers**

**5 - RF receivers and emitters  
Heterodyne, zero and low-IF architectures  
Complex signals and filtering**

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos relacionados com a análise e projecto de circuitos e sistemas para aplicações em radio frequências especialmente em tecnologia integrada monolítica CMOS. Os alunos vão adquirir as competências necessárias a uma futura actividade profissional na indústria de microelectrónica vocacionada para o ramo das telecomunicações. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, bem como a realização de projectos com software CAD/CAE idêntico ao que é usado na indústria de microelectrónica a nível global.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The program contents cover the main topics related to the analysis and design of circuits and systems for radio frequency applications, especially in monolithic integrated CMOS technology. Students will acquire the necessary skills for a future professional activity in the microelectronics industry dedicated to telecommunications applications. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, as well as project designs with CAD / CAE software identical to that used in the microelectronics worldwide industry.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem com a realização de projectos e a resolução de problemas. Dá-se ênfase à componente prática, à aprendizagem activa, ao trabalho autónomo e em grupo, e à responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora avaliação contínua pela realização de três projectos (70% peso), e um exame final escrito (30% peso).*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Teaching methodologies aim is to promote learning by carrying out projects and solving problems. Emphasis is placed on the practical component, active learning, autonomous and group work, and student accountability. The evaluation model incorporates continuous evaluation by carrying out three projects (70% weight), and a written final exam (30% weight).*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos complementados com exercícios práticos, e através de uma forte componente de projecto. Esta abordagem permitirá que estudantes com diferentes formações atinjam um nível de conhecimentos semelhante.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical concepts complemented with practical exercises, and through a strong project component. This approach will allow students with different backgrounds to reach a similar level of knowledge.*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*"RF microelectronics", Behzad Razavi, 2012, Prentice- Hall;  
"The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Lee, T, 2006, second edition, Cambridge University Press;  
"RF System Design of Transceiver for Wireless Communications", Oizheng Gu, 2005, Springer;  
"RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Cripps, Steve C., 2nd edition, Artech House, 2006.*

#### Mapa IV - Sistemas Eléctricos Integrados de Tecnologia Solar Fotovoltaica

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Sistemas Eléctricos Integrados de Tecnologia Solar Fotovoltaica*
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Integrated Electrical Systems of Solar Photovoltaic Technology*

- 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:**  
**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**T - 28; PL - 21**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6.0**

**4.4.1.7. Observações:**  
**Optativa**

**4.4.1.7. Observations:**  
**Optional**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
**Paulo José da Costa Branco, ist13330, 70h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
**João Filipe Pereira Fernandes, ist158045, 49h**

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
**Após a frequência da disciplina, os alunos devem adquirir as competências: Saber as propriedades em termos de circuito elétrico de células fotovoltaicas. Descrever os parâmetros físicos da operação de células fotovoltaicas. Compreender as propriedades das células solares e módulos e também as propriedades básicas de configurações série que afetam seu desempenho. Descrever as características, os métodos de seleção, associação, instalação, manutenção e os principais aspetos funcionais dos componentes básicos de sistemas PV e CPV-T como painéis solares, inversores, baterias, reguladores, refletores e outros. Saber projetar um sistema fotovoltaico para satisfazer requisitos específicos para instalações ligadas à rede e para instalações autónomas. Usar o conhecimento dos componentes básicos e principais parâmetros de desempenho dos sistemas fotovoltaicos para prever o seu comportamento sob certas condições; Interpretar e discutir as questões económicas e sociais que envolvem esses sistemas.**

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
**With this course students should acquire the following skills:**  
**Know how to describe the physical phenomena present in photovoltaic cells.**  
**Know how to characterize, through an equivalent electrical circuit, solar cells in series/parallel association.**  
**Describe the characteristics, selection methods, association, installation, maintenance and main functional aspects of the main components of a PV and CPV-T systems, such as solar panels, inverters, batteries, charge controllers, reflectors and others.**  
**Know how to design a photovoltaic system to meet the specific requirements for an on-grid/off-grid application.**  
**Use the knowledge related to the main components and key performance parameters of photovoltaic systems to predict their behavior under certain conditions.**  
**Know how to analyze and discuss the economic and social issues surrounding these systems.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**  
**Radiação solar, densidade espectral. Efeito fotoelétrico. Células solares. Modelos. Tecnologias avançadas de células solares. Inorgânico: tecnologias de Si (mono / policristalinas), 3ª geração (GaAs, células com múltiplas junções). Orgânico: células sensibilizadas com corante / perovskita. Modelagem eletrotérmica de painéis fotovoltaicos. Associação serial / paralela, diodos de desvio, efeitos de temperatura / sombreamento. Térmica: modelos de parâmetros agrupados / distribuídos. Degradação / falha em PVs. Monitoramento. Práticas de operações / manutenção. Fotovoltaico concentrado / híbrido (CPV / T): sistemas fotovoltaicos de junção múltipla, sistemas de baixa concentração. Eficiência energética. Sistemas On-Grid / Off-Grid. Conversores de potência: soluções / características funcionais. Baterias. Reguladores de carga. Projeto / análise e aplicações: energia fotovoltaica, eletrificação rural, sistemas híbridos diesel-diesel / vento-solar.**

#### 4.4.5. Syllabus:

*Solar radiation, spectral density. Photoelectric effect. Solar cells. Models. Advanced solar cell technologies. Inorganic: Si technologies (mono/polycrystalline), 3rd generation (GaAs, cells with multiple junctions). Organic: cells sensitized with dye/perovskite. Electrothermal modeling of photovoltaic panels. Serial / parallel association, by-pass diodes, temperature / shading effects. Thermal: models of grouped/distributed parameters. Degradation / failure in PVs. Monitoring. Operations / maintenance practices. Concentrated / hybrid photovoltaic (CPV / T): multiple junction PV systems, low concentration systems. Energy efficiency. On-Grid / Off-Grid Systems. Power converters: solutions / functional characteristics. Batteries. Load regulators. Project/analysis and applications: photovoltaic energy, rural electrification, diesel-diesel / wind-solar hybrid systems.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, resolução de problemas de casos reais, e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*Given the learning objectives of the UC of Integrated Electric Systems of Solar Photovoltaic Technology, described above, any specialist in the subject will be able to verify that all points of the syllabus, described above, aim to equip students in Electrical and Computer Engineering in the Energy area with the knowledge and skills necessary for its correct fulfillment and the acquisition of said objectives.*

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

*As metodologias de ensino visam promover o aprendizado com base em projetos e solução de problemas, reforçando o componente prático, o aprendizado ativo, o trabalho autônomo e a responsabilidade do aluno. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no contexto de aprendizado ativo (por exemplo, projetos, trabalhos de casa, planilhas etc.) compatíveis com a redução significativa no peso da avaliação pelos exames ( $\leq 50\%$ ). Especificamente, a UC de Sistemas Elétricos Integrados de Tecnologia Solar Fotovoltaica terá as seguintes percentagens de avaliação: 50% da avaliação contínua (laboratório) + 50% da avaliação não contínua (exame).*

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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ). Specifically, the UC of Integrated Electrical Systems of Solar Photovoltaic Technology will have the following percentages of assessment: 50% of continuous assessment (laboratory) + 50% of non-continuous assessment (exam).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Xiao, W. (2017). Photovoltaic power system: modeling, design, and control. John Wiley & Sons.  
Khatib, T., & Elmenreich, W. (2016). Modeling of Photovoltaic Systems Using MATLAB: Simplified Green Codes. John Wiley & Sons.  
Pearsall, N. (Ed.). (2016). The performance of photovoltaic (PV) systems: Modelling, measurement and assessment. Woodhead Publishing.*

### Mapa IV - Modelação e Automação de Processos Industriais

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Modelação e Automação de Processos Industriais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Modeling and Automation of Industrial Processes***

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

***SDC***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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 Urbano de Almeida Lima, 0h***

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

***Carlos Filipe Gomes Bispo, ist12409, 28h***

***Luis Manuel Marques Custódio, ist13279, 7h***

***João Fernando Cardoso Silva Sequeira, ist13132, 7h***

***José António da Cruz Pinto Gaspar, ist13495, 7h***

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

***1. Estudar metodologias de análise de sistemas de eventos discretos e de síntese na forma de controladores e supervisores. Análise de sistemas para automação industrial. Metodologias para a implementação de soluções em automação industrial. Linguagens de programação de Autómatos Programáveis (PLCs).***

***2. Compreender as características dos sistemas de produção no contexto de um continuum entre os domínios da manufactura e dos serviços. Desenvolver competências de modelação, gestão e controlo, e análise de processos produtivos***

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

***1. Study and analyse discrete event dynamic systems, as well as their synthesis and that of their controllers and supervisors. Analysis of industrial automation tools and systems. Learn methodologies for the implementation of industrial automation solutions. Programming languages for Programmable Logic Controllers (PLC's).***

***2. Understand the features of production systems in the context of a continuum between manufacturing and services. Develop skills in the areas of modeling, management and control, and analysis of production processes***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***1. Introdução aos PLC's***

***a. Hardware***

***b. Ladder Diagrams***

***c. GRAFCET***

***2. Sistemas de Eventos Discretos***

***a. Redes de Petri***

***b. Redes de Filas de Espera***

***c. Análise em tempo determinístico***

***d. Álgebra (Max, +)***

***3. Modelos Estocásticos***

- a. *Redes de Petri Estocásticas (RPE)*
- b. *Redes Estocásticas de Filas de Espera (REFE)*
- 4. *Análise Estocástica*
- a. *Modelos de Cadeias de Markov de RPE e REFE*
- 5. *Controlo (MDPs em tempo contínuo)*
- 6. *Supervisão e Modelos de Fluidos*
- 7. *Casos de estudo (ligação à Indústria e Serviços)*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1. *Introduction to PLC's*
  - a. *Hardware*
  - b. *Ladder Diagrams*
  - c. *GRAFSET*
- 2. *Discrete Event Systems*
  - a. *Petri Nets*
  - b. *Queuing Networks*
  - c. *Deterministic time analysis*
  - d. *Algebra (Max, +)*
- 3. *Stochastic models*
  - a. *Stochastic Petri Nets (SPN)*
  - b. *Stochastic Queuing Networks (SQN)*
- 4. *Stochastic analysis*
  - a. *Markov chain modelling of SPN and SQN*
- 5. *Control (MDPs in continuous time)*
- 6. *Supervisors and Fluid models*
- 7. *Case studies (connection to Industry and Services)*

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

- Laboratórios realizados em grupo - (30%)*
- Fichas individuais de avaliação realizadas em aula - (15%)*
- Exame (45%)*
- Competências transversais (10%)*

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

- Laboratory assignments for groups of students (30%)*
- In class individual quizzes (15%)*
- Final exam (45%)*
- Soft skills (10%)*

4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

- Principal/Main:*
- Discrete Event Systems, 2nd Edition, C. Cassandras, S. Lafortune, 2008, Springer;*

***Programmable Logic Controllers", 5th Edition, F. Petruzella, 2017, McGraw-Hill;  
Complementar/Complementary:  
Petri Net Theory and the Modeling of Systems, J. Peterson, 1981, Prentice-Hall;  
"Manufacturing Systems Modeling and Analysis", 2nd Edition, G. Curry, R. Feldman, , 2011, Springer;  
Supervisory Control of Concurrent Systems: A Petri Net Structural Approach, M. Iordache, P. Antsaklis, 2006, Birkhauser;  
Processing Networks - fluid models and stability, J. Dai, J. Harrison, 2019, available online;  
"Manufacturing Systems Control Design: A Matrix Based Approach", S. Bogdan, F. Lewis, Z. Kovacic, J. Meireles Jr, 2006, Springer***

#### **Mapa IV - Tecnologia e Projeto de Antenas**

##### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular: *Tecnologia e Projeto de Antenas***

##### **4.4.1.1. Title of curricular unit: *Antenna Technology and Design***

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

##### **4.4.1.3. Duração: *Semestral***

##### **4.4.1.4. Horas de trabalho: *168.0***

##### **4.4.1.5. Horas de contacto: *49.0***

##### **4.4.1.6. ECTS: *6.0***

##### **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): *ist426927, Mário Gonçalo Mestre Veríssimo Silveirinha, 98h***

##### **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): - *Compreensão dos princípios fundamentais de funcionamento de estruturas radiantes e teoria de antenas.* - *Capacidade de analisar e projectar antenas nas configurações de maior aplicação.***

##### **4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students): - *Acquire knowledge of the fundamentals of antenna theory and technology.* - *Capacity to analyze and design the antennas typically encountered in communication systems.***

##### **4.4.5. Conteúdos programáticos: 1. *Teoria de antenas. Teoria das antenas transmissora e receptora e relações de reciprocidade.* 2. *Antenas lineares.* 3. *Agregados de antenas.***

4. Antenas reflectoras. Antenas de abertura.
6. Antenas independentes da frequência, miniaturização de antenas, antenas fractais.
7. Antenas de microstrip.
8. Teoria de redes de microondas.
9. Antenas adaptativas.

#### 4.4.5. Syllabus:

1. Antenna theory. Theory of transmitting and receiving antennas and reciprocity relations.
2. Linear antennas.
3. Antenna arrays.
4. Reflector antennas. Aperture antennas.
6. Broadband antennas, frequency independent antennas, antenna miniaturization, and fractal antennas.
7. Microstrip antennas.
8. Theory of microwave networks.
9. Smart antennas.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*Antenna Theory, C.A. Balanis, 2005, John Wiley; Microwave Engineering, D.Pozar, 2005, John Wiley; Principles of antenna theory, Kai Fong Lee, 1984, John Wiley & Sons*

#### Mapa IV - Atividades Extracurriculares I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Atividades Extracurriculares I*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Extracurricular Activities I*

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

4.4.1.3. Duração:

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****0.0****4.4.1.6. ECTS:****3.0****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 Urbano de Almeida Lima, 0h*****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):*****Estimular os estudantes a adquirirem, de forma diversificada e complementar, conhecimentos e competências comportamentais, sociais, culturais, científicas, tecnológicas e profissionais, através da realização de atividades extracurriculares. Atualmente além de um percurso curricular que fornece provas de conhecimentos científicos/tecnológicos bem consolidados, os empregadores valorizam o percurso extracurricular dos alunos nas suas diversas vertentes.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****To stimulate students to acquire, in a diversified and complementary way, behavioral, social, cultural, scientific, technological and professional knowledge and skills through extracurricular activities. Currently, in addition to scientific/technological knowledge, employers value the extracurricular course of students in its various aspects.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****No quadro desta unidade curricular serão creditadas atividades realizadas pelos estudantes, individualmente ou em grupo, que tenham um cariz essencialmente extra-curricular.******1) As atividades extracurriculares devem ser creditadas por pedido dos alunos em uma ou duas unidades curriculares denominadas Atividades Extracurriculares I e II (AE I e AE II) com 3 ECTS cada, oferecidas a todo o universo de alunos dos 2º. Ciclos (mestrado) do IST. Em cada uma destas UC de 3 ECTS os alunos devem realizar uma (ou mais) atividade(s) extracurriculares com esforço total de pelo menos 84 horas.******2) Os coordenadores de cada curso deverão reservar espaço na sua grelha de 2º. Ciclo para que os alunos, se assim o entenderem, possam escolher AE I/AEII*****4.4.5. Syllabus:*****In this curricular unit activities carried out by students, individually or in groups, which have an essentially extra-curricular nature, will be credited.******1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total effort of at least 84 hours.******2) Coordinators of each course must reserve space on their 2nd cycle grid so that students, if they wish, can choose AE I/AE II*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e***

*competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*1) A efectiva realização da actividade, exigindo-se um certificado das entidades onde realizaram as atividades extracurriculares, 2) AE I ou AE II tem avaliação do tipo aprovado/ não aprovado.*

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

*(1) a certificate from the entities where the extracurricular activities took place, is required (2) AE I or AE II has approved/unapproved type assessment.*

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

*N/A.*

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

*N/A.*

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

*N/A.*

**Mapa IV - Projecto de Sistemas Digitais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Projecto 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*Horácio Cláudio de Campos Neto, ist1190, 70h*

#### 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 aos alunos as competências para:*

- *Projectar de modo estruturado processadores digitais especializados.*
- *Compreender e aplicar as técnicas fundamentais de síntese e optimização a nível arquitectural.*
- *Simular e sintetizar sistemas digitais utilizando linguagens de especificação de hardware.*
- *Compreender e utilizar as funcionalidades das ferramentas de projecto assistido por computador.*
- *Implementar sistemas digitais de complexidade média utilizando dispositivos lógicos programáveis (FPGAs).*

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

*To provide the students with the knowledge and skills required to:*

- *Design digital application-specific processors.*
- *Understand and apply the fundamental techniques of architectural synthesis and optimization.*
- *Simulate and synthesize digital systems using hardware design languages.*
- *Understand and use computer-aided design tools.*
- *Implement digital systems of medium complexity using programmable logic devices (FPGAs)*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Projecto estruturado de processadores digitais especializados utilizando dispositivos lógicos programáveis (FPGAs). Introdução às ferramentas de projecto assistido por computador. Especificação e modelação utilizando linguagens de descrição de hardware.*

*Arquitecturas de sistemas de microprocessamento digital multi-ciclo e em pipeline. Processamento por controlo de fluxo e em streaming/data-flow. Sincronização temporal. Unidades de cálculo inteiro e em virgula flutuante.*

*Síntese arquitectural: técnicas básicas de escalonamento, alocação e atribuição de recursos. Síntese lógica.*

*Técnicas de simulação lógica e funcional.*

*Tecnologias de agregados lógicos programáveis.*

*Processadores digitais para aplicações específicas (algoritmos de processamento de dados, aprendizagem automática, processamento de sinal, imagem e visão, etc.).*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Structured design of digital application-specific processors using programmable logic devices (FPGAs).*

*Introduction to computer-aided design tools. Design specification and modelling using hardware description languages.*

*Digital microprocessing architectures: multi-cycle and pipelined. Flow control and streaming/data-flow. Timing synchronization. Integer and floating-point arithmetic units.*

*Architectural synthesis: scheduling, allocation and resource binding. Logic synthesis.*

*Techniques for logic and functional simulation.*

*Programmable logic device technologies.*

*Application-specific processors for data processing algorithms, machine learning, signal processing, image and vision, etc.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada na realização de projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa (projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (=40%).*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on the development and implementation of experimental*

*projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (projects) compatible with a significant reduction in the weight of assessment by exams (= 40%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização de aulas de demonstração e da realização de projectos experimentais. A ênfase na componente experimental de projecto permitirá que os alunos sejam confrontados com problemas reais e actuais.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the use of demonstration classes and the realization of experimental projects. The emphasis on the experimental components (projects) will allow that students be confronted with real and actual problems.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*RTL Hardware Design Using VHDL, Pong P. Chu, 2006, John, Wiley & Sons; Synthesis of Arithmetic Circuits: FPGAs, ASICs and Embedded Systems, Deschamps, Bioul e Sutter, , John, Wiley & Sons; Synthesis - HDL Coding Techniques, Vivado Design Suite User Guide, , Xilinx*

#### **Mapa IV - Arquitecturas para Computação de Elevado Desempenho**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Arquitecturas para Computação de Elevado Desempenho*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*High Performance Computing Architectures*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**  
*ist146645, Pedro Filipe Zeferino Aidos Tomás, 35h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist13348, Leonel Augusto Pires Seabra de Sousa, 35h*

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*O objectivo principal da disciplina é a criação de competências para analisar e projetar sistemas modernos de*

*computação paralela e de elevado desempenho, incluindo sistemas com múltiplos núcleos de processamento, com arquitetura superescalar, execução especulativa e fora de ordem; sistemas hierárquicos de memória, incluindo o processamento em memória e suporte para memória virtual; aceleradores para domínios de aplicação específicos; e sistemas heterogêneos com integração de diferentes núcleos de processamento.*

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

*The main objective of the course is to develop advanced skills to analyze and design modern parallel and high-performance computing systems, including multi-core systems with superscalar, speculative and out-of-order execution architectures; with hierarchical memory systems, including in-memory processing and support for virtual memory; with application-specific accelerators; and heterogeneous systems integrating different processing cores.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução/revisão da arquitetura de um computador e de conjuntos de instruções contemporâneos.*
- *Arquiteturas de processadores (Intel, AMD, ARM, RISC-V): unidades básicas do processador. Funcionamento em pipeline; resolução de conflitos; agendamento estático e dinâmico de instruções; processamento especulativo e fora de ordem; exploração de paralelismo ao nível das instruções, dos dados e do acesso à memória; análise de desempenho e de consumo de energia.*
- *Hierarquia de memória: estrutura e organização do sub-sistema de memória; hierarquia de caches; endereçamento físico, virtual e tradução de endereços; pre-fetching; modelos de coerência e consistência de memória; impacto do sub-sistema de memória no desempenho de diferentes aplicações.*
- *Sistemas de computação dedicada e de elevado desempenho: processadores massivamente paralelos, de elevado desempenho e em supercomputadores (ex: GPUs); programação e análise de desempenho.*
- *Tópicos avançados de arquiteturas de computação.*

#### 4.4.5. Syllabus:

- *Introduction/review of computer architecture and contemporary instruction sets.*
- *Processor architectures (e.g., Intel, AMD, ARM, RISC-V): basic processor units; pipeline operation; conflict resolution; static and dynamic instruction scheduling; speculative and out-of-order processing; exploitation of instruction-, data- and memory-level parallelism; performance and power consumption analysis.*
- *Memory hierarchy: structure and organization of the memory subsystem; cache hierarchy; physical and virtual addressing and translation; pre-fetching; coherence and consistency models on multi-core systems; impact of the memory subsystem in the performance of different applications.*
- *Dedicated and high-performance computing systems: massively parallel, high-performance and supercomputing processors (e.g. GPUs); programming and performance analysis.*
- *Advanced topics of computing architectures.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua*

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

*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Computer Architecture: A Quantitative Approach, 6ª Edição, John L. Hennessy, David A Patterson, 2017, Morgan-Kaufmann; Parallel Computer Organization and Design, Michel Dubois, Murali Annavaram, Per Stenström, 2012, Cambridge University Press***

**Mapa IV - Economia e Mercados de Energia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Economia e Mercados de Energia***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Economics and Energy Markets***

**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:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**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):**

***ist12375, Rui Manuel Gameiro de Castro, 84***

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

***ist428549, Hugo Gabriel Valente Morais, 42  
TA a contratar, 42***

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

***A UC EMEn tem 2 objetivos principais: 1) saber analisar os principais tipos de organização do sector eléctrico, proporcionando os modelos de cálculo técnico-económico aplicáveis, designadamente no funcionamento dos mercados de energia; 2) fornecer conhecimentos e competências na área da Economia, nomeadamente no domínio da Microeconomia, com utilidade na análise dos sistemas de energia.***

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

***EMEn course has 2 main objectives: 1) to assess power system organization, using appropriate techno-economic tools, namely in what concerns the operation of energy markets; 2) to provide economic theory concepts, namely in the microeconomics area, with direct application to the energy sector.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Parte A – Avaliação técnico-económica do Sistema de Energia Elétrica: 1) O sector da energia em Portugal; 2) Fundamentos da procura e fornecimento de energia; 3) Custos no Sistema de Energia Elétrica; 4) Dos custos aos preços - Teoria da regulação; 5) Mercados de eletricidade; Parte B – Teoria da microeconomia: 1) Teoria dos produtores; 2) Teoria dos consumidores; 3) Relação entre produtores e consumidores num mercado único; 4) Tipos de mercados.**

**4.4.5. Syllabus:**

**Part A - Techno-economic assessment of the power system: 1) The energy sector in Portugal; 2) Basics on demand and supply of energy; 3) Costs in power systems; 4) From costs to prices - Theory of regulation; Part B - Microeconomics: 1) Theory of producers; 2) Theory of consumers; 3) Relationship between producers and consumers in a single market; 4) Market types.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).**

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

**The teaching methodologies focus on the learning based on the solution of problems and projects so as to reinforce the practical component, the active learning, the autonomous work and the responsibility of the student. The assessment model includes continuous assessment in the framework of the active learning (for instance, projects, homework, quizzes,...) in order to decrease the weight of the final exam assessment (≤50%).**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Basics on the Economic Assessment of the Power System, João Santana, Rui Castro, Support text for Economics and Energy Markets Course, IST, September 2016; Theory of microeconomics, João Santana, 2012; Introdução à Teoria da Microeconomia, João Santana, 2012, ISTPress, (in Portuguese); Sistema Elétrico: Análise Técnico-Económica, A. Leite Garcia, João Santana, Maria José Resende, Pedro Verdelho, 2016, Lidel Ed., (in Portuguese); AC Electrical Circuits for non-Electrical Engineers, Rui Castro, September 2018, Support text, IST.**

**Mapa IV - Sistemas de Telecomunicações**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Sistemas de Telecomunicações**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Telecommunications Systems**

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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 Paula dos Santos Queluz Rodrigues, ist12401, 25h*

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

*António José Castelo Branco Rodrigues, ist12488, 24h*

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

*Introdução aos sistemas de telecomunicações actuais, incluindo aspectos regulatórios, tecnológicos e operacionais. Caracterização de sistemas fundamentais no panorãma actual das telecomunicações: comunicações via rádio, comunicações ópticas e sistemas multimédia. Os estudantes deverão adquirir noções de dimensionamento destes sistemas, e da sua integração e relevância no tecido económico nacional e internacional.*

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

*Introduction to current telecommunications systems, including regulatory, technological and operational aspects. Characterization of fundamental systems in the current telecommunications landscape: radio communications, optical communications and multimedia systems. Students should acquire notions of dimensioning these systems, and of their integration and relevance on the national and international economy.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1- Introdução aos sistemas de telecomunicações: componentes fundamentais de um sistema de transmissão digital; tipos de serviço e sua caracterização; princípios gerais de concepção de um sistema de telecomunicações.*

*2- Normalização e regulação em telecomunicações.*

*3- Comunicações móveis: caracterização do canal; balanço de potência e técnicas de gestão de recursos rádio; acesso múltiplo; gerações móveis celulares (2G, 3G, 4G e 5G).*

*4- Comunicações via-satélite: caracterização da ligação; órbitas; balanço de potência; análise de desempenho.*

*5- Comunicações ópticas: elementos de uma ligação; janelas de transmissão; estrutura da fibra óptica; atenuação; distorção; tipos de fibra; fontes ópticas; estrutura do receptor; análise de desempenho.*

*6- Sistemas multimédia: codificação e transmissão de imagens e vídeo.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1- Introduction to telecommunication systems: fundamental components of a digital transmission system; types of service and their characterization; general principles in the design of a telecommunications system.*

**2- Standardization and regulation in telecommunications.**

**3- Mobile communications: channel characterization; link power budget and radio resource management techniques; multiple access; cellular mobile generations (2G, 3G, 4G and 5G).**

**4- Satellite communications: link characterization; orbits; link power budget; performance analysis.**

**5- Optical communications: elements of a optical link; transmission windows; fiber optic structure; attenuation; distortion; fiber types; optical sources; receptor structure; performance analysis.**

**6- Multimedia systems: encoding and transmission of images and video.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points in 4. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 5.***

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams (≤50%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos, através de aulas teóricas, da resolução de problemas e da realização de um trabalho de pesquisa. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodology will based on the transfer of theoretical and practical concepts, through theoretical classes, problem solving and bibliographic research work. This approach will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

*Wireless Communications - Principles and Practice , Theodore S. Rappaport, 2001, Prentice-Hall, 2nd edition; Satellite Communications Systems Engineering, Louis J. Ippolito Jr., 2017, Wiley 2nd edition; Optical Fiber Communications , Gerd Keiser, 2013, McGraw-Hill, 5th edition; Communicating Pictures, David Bull, 2014, Academic Press, 1st edition; Textos fornecidos pelos professores da disciplina.*

#### **Mapa IV - Teoria da Informação e Comunicação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Teoria da Informação e Comunicação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Information and Communication Theory*

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

*Tele*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist12403, Mário Alexandre Teles de Figueiredo, 70h*

**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):**

*Aquisição dos conceitos fundamentais da teoria da informação e comunicação (alicerce teórica das modernas telecomunicações) e da sua aplicação não só às telecomunicações, como a muitas outras áreas da ciência e da tecnologia.*

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

*Acquisition of the fundamental concepts of information and communication theory (theoretical foundation of modern telecommunications) and its application not only to telecommunications, but to many other areas of science and technology.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. O problema da quantificação e comunicação de informação.*
- 2. Fontes discretas sem e com memória: códigos óptimos, entropia e as suas propriedades, teorema da codificação de fonte, divergência de Kullback-Leibler.*
- 3. Canais discretos: códigos de canal, informação mútua, capacidade de canal, teorema da codificação de canal.*
- 4. Fontes contínuas: entropia diferencial, quantização escalar e vectorial, teoria do ritmo-distorção.*
- 5. Canais contínuos: capacidade de canal, canal gaussiano.*
- 6. Teoria da informação para redes: canais de acesso múltiplo e de difusão; codificação em rede; teorema de Slepian-Wolf.*
- 7. Teoria da informação na tecnologia e na ciência: compressão de áudio, imagens e vídeo; termodinâmica; biologia computacional; neurociências.*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *The problem of quantifying and communicating information.*
  2. *Discrete sources with and without memory: optimal codes, entropy and their properties, source coding theorem, Kullback-Leibler divergence.*
  3. *Discrete channels: channel coding, mutual information, channel capacity, the channel coding theorem.*
  4. *Continuous sources: differential entropy, scalar and vector quantization, rate-distortion theory.*
  5. *Continuous channels: channel capacity, Gaussian channel.*
  6. *Network information theory: multiple access and broadcast channels; network coding; Slepian-Wolf theorem.*
  7. *Information theory in technology and science: audio, image, and video compression; thermodynamics; computational biology; neurosciences.*
- 4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*
- 4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da concepção estrutural e aplicações teórico-práticos da matéria lecionada e permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional, capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos e a resolução de exercícios de aplicação.*
- 4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The syllabus contents cover the main topics of structural design and theoretical-practical applications of the subject taught and allow the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his activity as a professional, enabling him, still, for other learning through autonomous search. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, students are asked to study the contents and solve application exercises.*
- 4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*
- 4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem-solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ).*
- 4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*"Information Theory: a Tutorial Introduction", James V. Stone, 2018, Sebteel Press;  
 "Elements of Information Theory", Thomas Cover, Joy Thomas, 2006, Wiley.*

#### Mapa IV - Computação em Sistemas Paralelos e Heterogéneos

- 4.4.1.1. **Designação da unidade curricular:**  
*Computação em Sistemas Paralelos e Heterogéneos*
- 4.4.1.1. **Title of curricular unit:**  
*Parallel and Heterogeneous Computing 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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*ist166430, Aleksandar Ilic, 49h*

**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):**

*Compreender os princípios de desenvolvimento de programas paralelos escaláveis, de forma a tirar partido das capacidades de computação dos sistemas heterogéneos modernos, p. ex., sistemas com CPUs com múltiplos núcleos, aceleradores e coprocessadores (GPUs, TPUs ou FPGAs). Adquirir competências de índole prática na aceleração de aplicações reais em diferentes ambientes paralelos e heterogéneos, com especial ênfase na utilização de modelos de programação e APIs modernos, na otimização de aplicações e no escalonamento e distribuição do trabalho pelos diversos elementos de computação. Familiarizar com as tendências mais recentes de computação paralela, com tecnologias emergentes de memória, e com técnicas avançadas para a gestão eficiente, o processamento e a análise de diversas aplicações (p. ex., aplicações que operam sobre grandes volumes de dados).*

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

*Understanding the development principles of scalable and parallel programs, in order to exploit the capabilities of contemporary heterogeneous computing systems, e.g., systems with multi-core CPUs, accelerators and coprocessors (GPUs, TPUs or FPGAs). Obtaining a practical (hands-on) experience when accelerating real-world applications in different parallel environments, with a special emphasis on utilization of modern programming models and APIs, application optimization, task scheduling and workload distribution across different computation devices. Get acquainted with cutting-edge parallel computing trends, emergent memory technologies, and advanced techniques for efficient resource management, processing and analysis of different applications (e.g., data-intensive applications).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- Introdução à computação e arquiteturas paralelas: concepção dos sistemas paralelos, desafios para paralelização de código, métricas e modelos de desempenho e eficiência*
- Formas de paralelismo e subsistema de memória: multi-núcleos, SIMD, multi-tarefas, caches, latência e largura de banda*
- Modelos de programação paralela: implementações em HW/SW, espaço de memória partilhada, localidade e comunicação*
- Programação para arquiteturas paralelas massivas: paralelismo de dados, arquitetura GPU, modelos e abstrações de programação*
- Coerência e consistência de memória, primitivas de sincronização e transactional memory*
- Paralelismo heterogéneo, distribuição de carga, escalonamento e computação com eficiência energética*
- Análise, caracterização e otimização de aplicações paralelas*
- Tópicos emergentes em computação paralela e heterogénea: especialização em hardware, processamento com redes neuronais e near-memory computing*

**4.4.5. Syllabus:**

- *Introduction to parallel computing and architectures: parallel system concepts, challenges in code parallelization, performance and efficiency metrics and models*
- *Forms of parallelism and memory subsystem: multicores, SIMD, multi-threading, caches, latency and bandwidth*
- *Parallel programming models: HW/SW implementations, shared memory space, locality and communication*
- *Programming for massively parallel architectures: data parallelism, GPU architecture, programming models and abstractions*
- *Memory coherency and consistency models, synchronization primitives and transactional memory*
- *Heterogenous parallelism, work distribution, scheduling, energy-efficient computing*
- *Analysis, characterization and optimization of parallel applications*
- *Emergent topics in parallel and heterogenous computing: hardware specialization, neural network processing, near-memory computing*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).*

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

*The teaching methods aim at promoting learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, as well as active learning, autonomous work development and student responsibility. The evaluation model includes the components of continuous evaluation in what concerns the active learning (e.g., projects, homeworks, quizzes, etc), thus allowing for a significant reduction in the impact of evaluation via exams (≤50%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach, 3rd Edition, David Kirk and Wen-mei Hwu, 2016, Morgan Kauffmann; Parallel Computer Organization and Design, Michel Dubois, Murali Annavaram, Per Stenström, 2012, Cambridge University Press; Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach, David Culler, Jaswinder Pal Singh, Anoop Gupta, 1998, Morgan Kauffman*

**Mapa IV - Conversão Electrónica e Armazenamento de Energia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Conversão Electrónica e Armazenamento de Energia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electronic Power Conversion and Storage*

**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:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*José Fernando Alves da Silva, 49h*

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

*Sonia Maria dos Santos Paulo Ferreira Pinto, ist13145, 14h*

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

*Adquirir competências para: 1. Selecionar e utilizar dispositivos eletrónicos de potência; 2. Analisar e projetar circuitos de potência de conversão eletrónica comutada para sistemas de armazenamento de energia elétrica; 3. Sintetizar os circuitos de regulação de conversores eletrónicos comutados para aplicação em sistemas de armazenamento de energia elétrica.*

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

*Students should obtain the following core competences: 1. To select and use electronic power switching devices; 2. To analyze and design electronic conversion power circuits for electrical energy storage systems; 3. To synthesize drive and control circuits of electronic converters for applications in electric energy storage systems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Dispositivos eletrónicos de potência: díodos PN, PIN e SiC Schottky; transistores bipolares de junção; transistores MOSFET e bipolares de porta isolada IGBT e IEGT; tiristores e tiristores GTO, IGCT e ETO; díodos, transistores e tiristores de efeito de campo de junção (FCD, SIT, VJFET, BSIT, SITH) em Si, SiC e C: Caraterização, perdas, proteções e comando. Associações série e paralelo, cascode generalizado. 2. Análise e síntese de topologias de conversão eletrónica comutada de energia elétrica: conversão dc-dc, dc-ac, ac-dc e ac-ac. 3. Sistemas de armazenamento de energia elétrica. 4. Introdução ao estudo da regulação linear e não linear de conversores comutados. Modelação linear e não linear. Síntese de compensadores e comando linear e não linear para aplicações em sistemas de armazenamento de energia elétrica.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Electronic power devices: PN, PIN and SiC Schottky diodes; bipolar junction transistors; IGBT and IEGT isolated gate bipolar MOSFET and transistors; thyristors and thyristors GTO, IGCT and ETO; Junction field effect diodes, transistors and thyristors (FCD, SIT, VJFET, BSIT, SITH) on Si, SiC and C: Characterization, losses, protections and drive. Serial and parallel associations, generalized cascode. 2. Analysis and synthesis of electronic conversion topologies: dc-dc, dc-ac, ac-dc and ac-ac conversion. 3. Energy storage systems. 4. Introduction to the study of linear and nonlinear control of electronic converters. Linear and nonlinear modelling. Synthesis of compensators and linear and nonlinear controllers for applications in electrical energy storage systems*

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

*Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da conceção e aplicações teórico-práticos da matéria lecionada permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional de engenharia eletrotécnica, energia, capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos e a resolução de exercícios de aplicação.*

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

*The syllabus contents cover the main topics of conception and theoretical-practical applications of the subject taught, allowing the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his activity as an engineering professional, enabling him, still, for other learning through autonomous search. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, students are asked to study the contents and solve application exercises.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, laboratórios, fichas eletrónicas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ) de forma a fazer pelo menos 50% de avaliação continua.*

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg projects, laboratories, electronic files, etc.) compatible with the significant reduction of the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ) in order to do at least 50% continuous assessment.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais, permitindo o confronto com problemas reais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental work, allowing the confrontation with real problems. This approach will not only fulfill the objectives, but will also help to level the knowledge of students with different origins and backgrounds.*

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

*Power Electronics: Converters, Applications, and Design, Mohan, N., T. Undeland, and W. Robbins, 2002, 3rd ed. New York, NY: John Wiley; Electrónica Industrial: Semicondutores e Conversores de Potência, J. Fernando A. Silva, 2013, série Manuais Universitários, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, ISBN 978-972-31-1499-7; Electrical Energy Conversion and Storage, José Fernando Alves da Silva, 2019, ; Lab Guides of ELECTRONIC POWER CONVERSION AND STORAGE, José Fernando Alves da Silva, 209,*

**Mapa IV - Microredes Dc/Ac**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Microredes Dc/Ac*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Dc/Ac Microgrids*

**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:**

168.0

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

49.0

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

**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):**

*Sonia Maria Nunes dos Santos Paulo Ferreira Pinto, 28h (TP)*

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

*José Fernando Alves da Silva, ist11962, 21h (PL)*

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

*Dimensionar e controlar conversores eletrónicos de potência para microredes DC e AC. Sintetizar controladores para microredes isoladas e interligadas à rede. Dimensionar e sintetizar sistemas de armazenamento de energia e controladores para microredes. Dimensionar sistemas de inércia sintética. Avaliar a qualidade de energia elétrica em microredes.*

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

*Size and control power electronics converters for DC and AC microgrids. Design controllers for standalone and grid-tied microgrids. Size and design controllers for energy storage systems in microgrids. Design and control virtual inertia systems. Assess power quality in microgrids.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 – Introdução às microredes DC e AC. Projeto e arquitetura de sistemas de distribuição DC e micro-redes. Microredes isoladas e interligadas à rede; 2 – Conversores comutados para microredes DC e AC. Interfaces para sistemas de geração de energia limpa em microredes. Conversores AC-DC-AC para sistemas de geração distribuída (VSC, conversores em ponte isolados (DAB), fonte Z). Confiabilidade de sistemas de conversão comutada de energia; 3- Sistemas de armazenamento de energia; 4 – Controlo de microredes. Controlo centralizado e distribuído. Controlo hierárquico da potência, controlo Master/slave. Estatismo, controlo local, multifuncionalidades, inércia sintética. Interligação de microredes híbridas; 5 – Qualidade de energia elétrica, mitigação de harmónicas, compensação de fator de potência; 6 – Gestão da demanda no controlo de microredes*

**4.4.5. Syllabus:**

*1 – Introduction to DC and AC microgrids. Architectural design of DC distribution systems and microgrids. Stand-alone microgrids, grid-tied microgrids; 2 - Switching power conversion for DC and AC microgrids. Switching interfaces for clean generation in microgrids. AC-DC-AC converters for distributed power generation systems (VSC, dual active bridge (DAB), Z source converters). Reliability in switching power converter systems; 3- Storage systems; 4 – Control of microgrids: Centralized and distributed control. Hierarchical power sharing control, Master/slave control. Conventional droop control method, local control, multifunctionalities, virtual inertia. Hybrid microgrid interconnection; 5 - Power quality, harmonic mitigation, power factor compensation; 6 – Demand side management in Microgrid Control*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5 aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projetos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem ativa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (projetos de simulação e laboratoriais, fichas) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ). É utilizada uma estratégia de ensino interativa e de avaliação contínua para realização do projeto, simulação e experimentação das microrredes DC/AC. O método de avaliação compreende:*

- 2 mini-testes nas aulas - 40%
- 6 trabalhos de simulação/laboratório - 30%
- 1 Exame final - 30%

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

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student responsibility.*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (simulation and laboratory projects, worksheets) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams ( $\leq 50\%$ ).*

*An interactive teaching and continuous assessment strategy is used to carry out the project, simulation and experimentation of DC/AC microgrids. The evaluation method comprises:*

- 2 mini-tests in the classes - 40%
- 6 simulation/laboratory works - 30%
- 1 Final Exam - 30%

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

*Os métodos de ensino foram projetados para que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, cumprindo os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos laboratoriais permite o confronto com problemas reais.*

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

*The teaching methodologies were conceived so that students can develop in-depth knowledge, fulfilling the intended learning outcomes. The experimental works allow the confrontation with real problems.*

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

*Microgrid: Advanced Control Methods and Renewable Energy System Integration, Magdi S. Mahmoud, Butterworth-Heinemann, 2016, Elsevier, ISBN: 9780081017531;*

*DC Distribution Systems and Microgrids (Energy Engineering), Tomislav Dragicevic, Pat Wheeler, Frede Blabjerg, 2018, IET, 2018, ISBN-13: 978-1-78561-382-1;*

*Problems of DC/AC Microgrids (to be prepared), S. F. Pinto, J. F. Silva;*

*Laboratory Guides of DC/AC Microgrids (to be prepared), S. F. Pinto, J. F. Silva*

### Mapa IV - Processamento de Imagem e Visão

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Processamento de Imagem e Visão*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Image Processing and Vision*

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

*SDC*

#### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

#### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

4.4.1.6. ECTS:

6.0

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):

*ist12390, João Paulo Salgado Arriscado Costeira, 63h*

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

*ist12760, José Alberto dos Santos Victor, 42h*

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

*Introdução à análise de imagem e percepção 3D com base em imagens. Modelação geométrica dos dispositivos de criação de imagens e dos processos computacionais visuais para extracção de informação: Filtragem, extracção de características, emparelhamento, análise de movimento e reconstrução tridimensional. Apresentação de técnicas básicas e referências para estudo futuro de reconhecimento de objectos em imagens.*

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

*Introductory techniques for image analysis and 3D perception from images. Introduce geometric models for imaging devices and key visual processes to extract information from images: image filtering, feature extraction, matching, motion analysis and 3D reconstruction. Basic techniques and references for object recognition*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*0. Motivação*

*1. Modelo da Câmara*

*Aquisição de imagem, modelo projectivo e calibração de câmaras*

*2. Alinhamento de imagens*

*Transformações, correspondência e estimação robusta de transformações (RANSAC)*

*3. Visão Stereo e reconstrução 3D*

*Triangulação, matrizes essencial e fundamental do stereo, disparidade, reconstrução 3D*

*4. Processamento de Imagem*

*Relações topológicas, Operações e operadores sobre imagens, Filtragem linear e não-linear*

*5. Fluxo Óptico*

*Movimento da câmara, campo de movimento e cálculo do fluxo óptico*

*6. Pontos característicos*

*Conceito de "característica", transformada Hough, keypoints (SIFT)*

*7. Segmentação e reconheç de objectos*

*Introdução à sementação de imagem e rec. de objectos*

4.4.5. Syllabus:

*0. Motivation and Introduction*

*1. Camera Model*

*Image acquisition/formation, projective model, camera calibration*

*2. Image alignment*

*Image transformations, point correspondence and robust estimation (RANSAC)*

*3. Stereo Vision / 3D reconstruction*

*Geometry of triangulation, Essential and Fundamental Matrices, 3D reconstruction*

*4. Image Processing*

*Topological relations, Image operations, Linear/Non-linear filtering*

*5. Optical flow*

*Camera motion, motion field and optical flow computation*

**6. Image features****Concept of image feature, Hough Transform, keypoints (SIFT)****7. Segmentation and object recognition****Introduction to image segmentation and object recognition concepts**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Computer Vision: Algorithms and Applications, , Richard Szeliski, 2011, Springer*

**Mapa IV - Redes Móveis e Internet das Coisas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Redes Móveis e Internet das Coisas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Mobile Networks and Internet of Things*

**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:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**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):**

*ist14017, António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo, 70h*

**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 conhecimentos teóricos sobre os desafios tecnológicos da comunicação sem fios e móvel, assim como formas existentes de os ultrapassar;*
- *Permitir aos alunos compreender como é que diversas técnicas base podem ser integradas numa tecnologia de comunicação sem-fios e/ou móvel, e como é que as vantagens e desvantagens desta podem ser analisadas à luz de requisitos funcionais e de desempenho;*
- *Permitir aos alunos compreender o papel das tecnologias de comunicação num ambiente aplicacional mais alargado de Internet das Coisas.*
- *Permitir aos alunos uma aprendizagem experimental das redes sem-fios, permitindo-lhes manipular parâmetros ambientais e tecnológicos e observar o respectivo impacto;*
- *Dotar os alunos de capacidade para projectar e construir sistemas reais que podem ser integrados na Internet das Coisas*

*Os primeiros três objectivos são almejados pela componente teórica, sendo os últimos dois o foco das componentes laboratorial e de projecto.*

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

- *To convey the students the theoretical knowledge on the technological challenges of wireless and mobile communications, as well as existing ways to address them;*
- *To provide the students with an understanding of how several basic techniques can be integrated in a wireless and/or mobile communication technology, and how the advantages and disadvantages of the latter may be analyzed in terms of functional and performance requirements;*
- *To provide the students with an understanding of the role of communication technologies in a wider application environment of the Internet of Things;*
- *To provide the students experimental learning of wireless networks, manipulating environmental and technological parameters in order to observe their impact;*
- *To convey the students the capability to project and build real systems to be integrated in the Internet of Things. The first three objectives are addressed by the theoretical component, while the last two are addressed by lab and project components.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- Fundamentos de comunicações sem fios;**
  - *Caracterização do canal de comunicações;*
  - *Protocolos de Acesso ao Meio (MAC);*
- 2- Mobilidade:**
  - *IP Móvel;*
  - *Redes móveis ad-hoc;*
- 3- Redes de sensores, comunicação máquina-máquina (M2M) e IoT:**
  - *Arquitetura e visão de sistema (dos sensores às aplicações);*
  - *A pilha de protocolos IoT;*
  - *Tecnologias:*
    - *WLANs e WPANs;*
    - *Field Area Networks;*
    - *Low-Power Wide Area Networks (LPWANs);*
- 4- Redes Móveis Celulares:**
  - *Princípios e Arquiteturas;*
  - *Tecnologias:*
    - *Evolução tecnológica (2G, 3G, 4G, 5G);*
    - *Tecnologias LTE, LTE-A;*
    - *Suporte de IoT nas redes móveis celulares.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1- Fundamentals of wireless communications;**
  - *Characterizing the communication channel;*
  - *Medium Access Protocols (MAC);*
- 2- Mobility:**
  - *Mobile IP;*
  - *Mobile Ad Hoc Networks (MANETs);*
- 3- Sensor networks, machine-to-machine communications (M2M) and IoT:**
  - *Architecture and system overview (from sensors to applications);*
  - *The IoT protocol stack;*
  - *Technologies:*
    - *WLANs and WPANs;*
    - *Field Area Networks;*
    - *Low-Power Wide Area Networks (LPWANs);*
- 4- Mobile Cellular Networks:**
  - *Principles and Architecture;*
  - *Technologies:*
    - *Technology evolution (2G, 3G, 4G, 5G);*
    - *LTE, LTE-A;*
    - *IoT support in mobile cellular networks.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos no ponto 5, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos no ponto 4, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*"Considering the objectives of this UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 5. aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4."*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (trabalhos de laboratório e projecto) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50%). Assim, a avaliação consiste em 50% de avaliação contínua e 50% de avaliação não contínua.*

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

*The teaching methodologies aim to favour learning based on problem solving challenges and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, increasing the responsibility of the student. The evaluation model comprises continuous evaluation elements in the context of active learning (lab assignments and projects), which is compatible with the significant reduction of the weight of exam based evaluation (50%). As such, the evaluation consists of 50% continuous evaluation and 50% non-continuous evaluation.*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos de laboratório e de projecto permite o confronto com problemas reais.*

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

*The teaching methodologies were conceived in order to allow the student to develop a broad knowledge, guaranteeing the conformity with the objectives of the curricular unit. The realisation of lab assignments and of the project allows the student to face real problems.*

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

*Wireless Communication Networks and Systems, Cory Beard, William Stallings, 2015, Pearson; Internet of Things for Architects, Perry Lea, 2018, Packt; Internet of Things – Architectures, Protocols and Standards, Simone Cirani, Gianluigi Ferrari, Marco Picone, Luva Veltri, 2019, Wiley*

**Mapa IV - Empreendedorismo, Inovação e Transferência de Tecnologia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Empreendedorismo, Inovação e Transferência de Tecnologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Entrepreneurship, Innovation and Technology Transfer*

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

*Eletr*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**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):**

*José de Albuquerque Epifânio da Franca, ist11801, 126h*

**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):**

*Desenvolver as competências necessárias ao comportamento empreendedor na dimensão da valorização económica do conhecimento e através da criação de projectos empresariais (start-ups) de base tecnológica e de natureza global. Entre as competências necessárias a este comportamento empreendedor aborda-se a geração e avaliação de ideias inovadoras, o desenvolvimento e materialização da inovação sob a forma de produtos/serviços e a definição das respectivas cadeias de valor, a avaliação e segmentação de mercado, o posicionamento e as vantagens competitivas de mercado, a definição de perfil de clientes e sua aquisição, a estruturação empresarial nas dimensões orgânica e operacional, a projecção financeira da actividade, o financiamento e mecanismos de gestão associados.*

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

*To develop the necessary skills for the entrepreneurial behavior that enables the translation of technology-based knowledge into economic activity and value creation through the development of a business plan of technological and global enterprise projects (start-ups). Among the skills required for this entrepreneurial behavior are the generation and evaluation of innovative ideas, the development and materialization of innovation in the form of products/services, the definition of value chains, corporate, organic and operational structuring and build-up, evaluation of market size and competitive market positioning, financial projection of the activity, financing and capitalization and associated management processes.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Inovação, empreendedorismo e competitividade.*
- 2. Factores e processos de inovação*
- 3. Transferência de tecnologia e propriedade intelectual*
- 4. Tecnologia / Produto e serviço / Mercado.*
- 5. Desenvolvimento de produtos, organização.*

- a. *Criatividade e Planeamento de produtos.*
- b. *Necessidades do utilizador, especificações do produto.*
- c. *Geração, selecção e teste de conceitos.*
- d. *Arquitectura do produto.*
- e. *Design industrial, Engenharia e MVP*
6. *Identificação e avaliação de factores de risco e planos de contingência*
7. *Projecto para fabrico/montagem, Projecto para o ambiente.*
8. *Projecto para a margem, "Target price / Target cost"*
9. *Análise económica e fontes de financiamento*
10. *Aspectos legais associados à criação de empresas*
11. *Plano de negócios*
  - a. *Plano de marketing*
  - b. *Plano de produção / operações*
  - c. *Plano de gestão e organização*
  - d. *Plano financeiro*
12. *Discussões de projecto / plano de negócio.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Innovation, entrepreneurship, and competitiveness.*
2. *Innovation factors and processes.*
3. *Technology transfer, intellectual property.*
4. *Technology, products and services, and the market.*
5. *Product development process.*
  - a. *Creativity and product planning.*
  - b. *Customer needs, product specifications.*
  - c. *Concept generation, selection, and testing.*
  - d. *Product architecture.*
  - e. *Industrial design, engineering, and MVP.*
6. *Risk management, risk factors, and contingency plans.*
7. *Design for manufacturing and assembly. Design for the environment.*
8. *Design for margin, Target price / Target cost.*
9. *Economic analysis and sources of financing.*
10. *Legal aspects associated to enterprise creation.*
11. *Business plan.*
  - a. *Marketing.*
  - b. *Production/operations*
  - c. *Management and enterprise organization.*
  - d. *Financial.*
12. *Design discussions and meetings/business plan discussions.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, é possível constatar que os conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias à concretização dos referidos objetivos.*

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

*The syllabus topics described in 6.2.1.5 are defined to give students the required competencies as well as the underlying knowledge and skills to achieve the objectives of this UC that are outlined in 6.2.1.4.*

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

*O ensino e a avaliação da UC desenvolvem-se através da realização de um projecto (em grupo) que se realiza continuamente e que estimula participação activa e forte interacção nas aulas práticas. O propósito do projecto consiste na preparação de um "start-up pitch" estruturado em 4 partes fundamentais: Definição do problema/necessidade e sua relevância económica (15%); Descrição da solução inovadora na forma de produto e/ou serviço (15%); Dimensionamento do mercado, posicionamento competitivo e aquisição (10%); Projecções financeiras e financiamento (10%). O "start-up pitch" completo será apresentado no final do curso (50%). É encorajada a realização de um protótipo MVP da solução apresentada que poderá contribuir com 1-2 pontos base para a classificação final.*

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

*Teaching, learning, and assessment are carried out through the realization of a team project that is continuously developed in the practical classes fostering active participation and strong interaction. The purpose of the project consists of the preparation of a start-up pitch that is structured in 4 basic parts: Definition of the problem/idea and its economic relevance (15%); Description of the innovative solution in the form of a product or service (15%); Market sizing, positioning, and acquisition (10%); Financial projections and funding (10%). The complete start-up pitch is presented at the end of the course (50%). The demonstration of an engineering MVP prototype is encouraged, adding*

**1-2 base points to the final mark.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através de aulas de demonstração, discussão de "case studies", apoio continuo aos alunos no seu processo de aprendizagem e espelhando o papel de aconselhamento na real criação de uma start-up e forte interacção de grupo.***

***Introduz-se a série "EITT Experiences", em que 10 empreendedores de sucesso são convidados a apresentarem os seus projectos de empreendedorismo e a discutirem os aspectos críticos enfrentados no desenvolvimento orgânico e operacional, tracção comercial, internacionalização e financiamento das suas start-ups.***

***A abordagem abrangente e inclusiva também da actividade empreendedora nacional permitirá não só cumprir os objetivos da UC como contribuirá para o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodology, based on the transfer of theoretical and practical concepts in demonstration classes, discussion of case studies, continuous support to students that emulates the role of senior advisory in a start-up, and strong group interaction, will allow fulfilling the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different personal and academic backgrounds.***

***This UC introduces the series "EITT Experiences", in which 10 successful entrepreneurs are invited to present their entrepreneurship projects and to discuss the critical aspects of development, team building, internationalization and financing of their start-ups.***

***The comprehensive approach that also encompasses the dynamics of the national entrepreneurial ecosystem will allow not only to fulfill the objectives of the UC but will also contribute to level the knowledge of students with different backgrounds and backgrounds.***

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

***Disciplined Entrepreneurship, Bill Aulet, Wiley, 2013, ISBN-13: 978-1118692288***

***Harvard Business Review on Entrepreneurship, Harvard Business School Press, 1999, ISBN 0-87584-910-5***

***The smart entrepreneur: how to build for a successful business, Bart Clarysse; Sabrina Kiefer, London: Elliott & Thompson, 2011***

***Smarter Ventures: A Survivor's Guide to Venture Capital Through the New Cycle, Katharine Campbell, FT Prentice-Hall, 2003, ISBN-13: 978-0273654032***

***Proactive risk management: Controlling uncertainty in product development, Preston G. Smith, Guy M. Merritt, 2002, Productivity Press***

***Creating Breakthrough Products, J. Cagan & C. Vogel, 2002, Prentice-Hall, ISBN 0-13-969694-6***

***Product Design & Development, 3rd Ed, K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, 2003, McGraw-Hill, ISBN 0071232737***

***Startups.com (Education, Community, and Tools to help startups launch faster)***

***Série de 20 Videos da Startup School da YCombinator***

#### **Mapa IV - Filtros Analógicos e Digitais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Filtros Analógicos e Digitais***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Analog and Digital Filters***

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

***Eletr***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***49***

**4.4.1.6. ECTS:**

**6.0****4.4.1.7. Observações:***Optativa***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist13143, Teresa Maria Canavarró Menéres Mendes de Almeida, 63***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):***Projeto de filtros adequados para fins particulares e aplicações práticas.**Implementação de filtros projetados em diferentes tecnologias.**Uso de várias ferramentas que ajudam a projetar e desenvolver filtros (programas de cálculo matemático, software de simulação de circuitos, software específico de design e simulação de filtros, software de processador de sinal digital e ambiente de desenvolvimento de programas integrado).**Capacidade de realizar trabalhos práticos com o projeto e implementação de filtros com diferentes tipos de tecnologias (filtros analógicos, com condensadores comutados e digitais).**Capacidade de trabalhar em equipa com a necessidade de estruturar cada um dos projetos de trabalho de laboratório, incluindo o planeamento correspondente, a divisão de tarefas e sua realização, seja na preparação de tarefas de laboratório, seja durante as aulas de laboratório.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Design of filters suitable for particular purposes and practical applications.**Implementation of designed filters in different technologies.**Use of several tools helping filter design and development (mathematical calculus programs, circuit simulation software, specific filter design and simulation software, digital signal processor software and integrated program development environment).**Ability to do practical work with the design and implementation of filters with different types of technologies (analog filters, with switched and digital capacitors).**Ability to work in a team with the need of structuring each of the laboratory work projects, including the corresponding planning, division of tasks and their accomplishment, either in the preparation of laboratory assignments, and during laboratory classes.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Introdução ao projeto de filtros.**Seções biquadráticas.**Métodos de aproximação clássica.**Transformações de frequência.**Filtros em escada LC.**Análise de sensibilidade.**Filtros RC ativos.**Filtros de capacitores comutados.**Filtros digitais.**Métodos de simulação.***4.4.5. Syllabus:***Introduction to filter design.**Biquadratic sections.**Classical approximation methods.**Frequency transformations.**LC-ladder filters.**Sensitivity analysis.**Active-RC filters.**Switched-capacitor filters.**Digital filters.**Simulation methods.*

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Todos os conteúdos programáticos têm uma correspondência directa com os objectivos da UC através da forte componente teórica, prática e experimental nas diferentes tecnologias.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*All syllabus content has a direct correspondence with the objectives of the UC through the strong theoretical, practical and experimental component in the different technologies.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams ( $\leq 50\%$ ).*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O modelo do processo ensino-aprendizagem adoptado na UC permite que os alunos possam desenvolver de forma activa, quer os conhecimentos novos adquiridos nesta UC, quer integrar conhecimentos prévios adquiridos noutras UCs (por exemplo, circuitos, electrónica, sinais e sistemas, processamento de sinal analógico e digital, etc.), estruturando e consolidando assim um conhecimento abrangente. Para além disso, a forma como está estruturada a avaliação permite o desenvolvimento de um conjunto significativo de softskills (trabalho em equipe, trabalho autónomo, gestão de informação, tomada de decisão, etc.).*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The model of the teaching-learning process adopted in the UC allows students to actively develop, either the new knowledge acquired in this UC, or to integrate previous knowledge acquired in other UCs (for example, circuits, electronics, signals and systems, signal processing analog and digital, etc.), thus structuring and consolidating comprehensive knowledge. In addition, the way in which the evaluation is structured allows the development of a significant set of softskills (teamwork, autonomous work, information management, decision making, etc.).*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Design of analog filters: passive, active RC and switched capacitor, R. Schaumann, M. S. Ghauri, K. R. Laker, 1990, Prentice-Hall; Principles of active network synthesis and design, G. Daryanani, , 1976, John Wiley and Sons; RC-active circuits: theory and design, L. T. Bruton,, 1980, Prentice-Hall.; Analog and digital filters: design and realization, H. Y.-L. Lam,, 1979, , Prentice-Hall; Adaptive filter theory- 4th ed., , S. Haykin, 2002, Prentice-Hall.; Basic engineering circuit analysis - 9th ed., J. D. Irwin, R. M. Nelms, 2008, John Wiley & Sons; Microelectronic Circuits,, A. S. Sedra, K. C. Smith, , Oxford University Press; Digital signal processing, A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, 1975, Prentice Hall; Discrete-time signal processing-2nd ed., A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, J. R. Buck, 1999, Prentice Hall.; Digital signal processing: a practical approach-2nd ed., E. C. Iffachor, B. W. Jervis, 2002, Prentice Hall*

## 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:**

*Várias estratégias estão previstas (ver 4.7) e muitas já foram implementadas, nomeadamente:*

- *Introdução/reforço de UCs baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, com um maior envolvimento dos estudantes na sala de aula e em processos de avaliação mútua e feed-back;*
- *Reforço da utilização de ferramentas e plataformas digitais (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) que permitem um feedback instantâneo, assim como aprendizagem à distância e avaliação.*
- *Integração de estudantes no âmbito de projectos interdisciplinares/multidisciplinares, em institutos de investigação e/ou empresas, e das dissertações de mestrado.*
- *Creditação de actividades extracurriculares, valorizando projectos multidisciplinares, organização de jornadas, cursos/ estágios de Verão, etc, que permitem o desenvolvimento de competências transversais.*
- *Reforço da avaliação contínua com a redução significativa ( $< 50\%$ ) do peso da avaliação por exames.*

#### 4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

*Several strategies are foreseen (see 4.7) and many have already been implemented, namely:*

- *Introduction / reinforcement of UCs based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, aiming at a greater involvement of students in the classroom in mutual evaluation processes and feed-back;*
- *Reinforcement of the use of digital tools and platforms (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) that allow instant feedback, as well as e-learning and evaluation.*
- *Integration of students in interdisciplinary / multidisciplinary projects, in research institutes and / or companies, and master's dissertations.*
- *Accreditation of extracurricular activities, namely, multidisciplinary projects, organization of days, summer courses / internships, etc., which allow the development of transversal skills.*
- *Reinforcement of continuous assessment with the significant reduction (<50%) of the weight of the evaluation by exams.*

#### 4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

*No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de preencher uma questão relativa à carga de trabalho relativa a cada UC. A informação obtida a partir de todos os estudantes de cada UC é compilada e tratada para comparar a carga prevista com a carga estimada pelos estudantes. Quando há um grande desajuste entre a carga estimada e a carga prevista (superior a 1,5 ECTS) a situação é analisada no âmbito da Comissão QUC do Conselho Pedagógico. Nos casos em que se justifique é estabelecido um plano de acção envolvendo os departamentos e coordenações.*

#### 4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

*The information obtained from all students in each QUC is compiled and treated to compare the expected workload with the workload estimated by the students. When the imbalance between the estimated workload and the expected workload is significant (greater than 1,5 ECTS) the situation is analysed under the QUC Committee of the Pedagogical Council. Where applicable, a plan of action is devised by getting departments and programme coordinators involved.*

#### 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:

*Em julho de cada ano são efectuadas reuniões de coordenação dos vários cursos, de forma a calendarizar o trabalho exigido aos estudantes ao longo dos semestres lectivos e dos períodos de avaliação, pretendo-se distribuir o trabalho dos estudantes ao longo do tempo, dando-se especial ênfase à aprendizagem contínua. Esta calendarização atempada permite ao estudante planear o seu ano lectivo/semestre, potenciando o sucesso escolar. No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de preencher um bloco de questões específicas relativo à aquisição e/ou desenvolvimento de competências obtidas no âmbito de cada UC, que inclui perguntas sobre o desenvolvimento de conhecimentos e compreensão das matérias, bem como a melhoria da capacidade de aplicação de conhecimentos de forma autónoma e de desenvolvimento do sentido crítico na utilização prática das mesmas.*

#### 4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

*Every year in July, meetings are held with programme coordinators, in order to schedule the work required from students throughout the semesters and evaluation periods. The purpose is to distribute student workload throughout time, giving special attention to continuous learning. This timely scheduling allows the student to plan his academic year/semester, enhancing academic achievement. Under the QUC surveys, students should complete a number of specific questions regarding the acquisition and/or development of skills acquired under each QUC, in particular about the development of knowledge and understanding of subject matters, and improvement of the capacity of application of knowledge autonomously and development of critical judgment in their practical application.*

#### 4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

*Nas UC de Projeto e dissertação de Mestrado, os estudantes podem (e são frequentemente incentivados a) desenvolver o seu trabalho numa unidade de investigação do IST.*

#### 4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

*In the Project course and the Masters' Dissertation, students can (and are frequently encouraged to) carry out their work in one of IST research units.*

### 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:**

*Tendo em consideração que a normativa legal aponta para uma formação de 2º ciclo entre 90 e 120 créditos ECTS, e considerando os objectivos definidos para este ciclo de estudos no ensino universitário, entendeu-se estabelecer, à semelhança de outros ciclos similares da unidade orgânica, um total de 120 créditos ECTS, decorrendo ao longo de quatro semestres lectivos.*

**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:**

*Given that the legal regulation points to a formation of the 2nd cycle between 90 and 120 credits ECTS, and considering the established objectives for this university course, it was decided to establish, like to other similar cycles of the organic unities, a total of 120 ECTS, elapsing over four semesters*

**4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

*O Instituto Superior Técnico tem um padrão para a definição de ECTS nas unidades curriculares de todos os seus ciclos de estudo, e recentemente, uma reflexão e discussão aprofundada na escola conduziu a uniformização da oferta de UC de 12, 9, 6 e 3 ECTS; Alterações específicas a esse padrão são analisadas caso a caso pelo Conselho Científico mediante proposta das coordenações de curso. No caso da LEEC os docentes do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC) foram previamente auscultados e depois as medidas foram sendo discutidas e toda a informação mantida e atualizada numa página web, tendo o currículo e os programas das UCs sido aprovados em reunião do Conselho Científico-Pedagógico do DEEC e em Conselho de Departamento.*

**4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

*IST has a pattern to define the ECTS for the course units of all its study cycles, and recently, in-depth reflection and discussion in the school has led to the standardization of the UC offer of 12, 9, 6 and 3 ECTS; Specific amendments to that pattern are analyzed on a case-by-case approach at the request of the Scientific Board on a proposal from the course coordinators. In the case of LEEC, the professors of the Department of Electrical and Computer Engineering (DEEC) were previously consulted and then the measures were discussed and all the information was kept updated on a web page, with the curricula and programs of the UCs being approved in meetings of DEEC Scientific-Pedagogical Council and DEEC Council.*

## 4.7. Observações

### 4.7. Observações:

*O Técnico estabeleceu como uma das suas prioridades a atualização e adaptação do seu modelo de ensino e práticas pedagógicas aos dias de hoje. Neste contexto desencadeou um processo de análise e reflexão sobre o seu modelo de ensino e práticas pedagógicas, visando definir as linhas orientadoras para uma reorganização da formação na Escola. Em Janeiro de 2018 foi constituída a “Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas”- CAMEPP do IST, mandatada pelos órgãos da Escola, para repensar o modelo de formação pedagógica do IST. Dessa análise resultou um conjunto de medidas relativamente à estrutura curricular, organização, filosofia, e práticas pedagógicas, que estão reflectidas no documento PERCIST- “Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1o e 2o ciclo do Instituto Superior Técnico 2122”. O PERCIST estabeleceu as linhas gerais para a reestruturação de todos os cursos conferentes de grau de 1o e 2o ciclos do Instituto Superior Técnico (IST) que vão ser implementados em 21-22. As principais medidas que vão ser implementadas e que foram incorporadas na reestruturação dos cursos de 1o e 2o ciclos do IST são aqui apresentadas de forma genérica:*

- *Reconhecimento da importância da formação de base sólida em Ciências de Engenharia;*
- *Alteração para UCs de 12, 9, 6 e 3 unidades do Sistema europeu de transferência e acumulação de créditos (ECTS);*
- *Aumento generalizado da flexibilidade curricular a nível de 1ociclo com a criação de pre-major (até 12ECTS), e no 2o ciclo com a oferta de opções livres (18-30ECTS);*
- *Criação de minors coerentes de 18 ECTS, ao nível do 2.o ciclo, numa área de formação complementar e multidisciplinar, que pode ser intra- ou interdepartamental;*
- *Criação/reforço de projetos integradores e interdisciplinares que envolverá trabalho preferencialmente em equipa e podendo ter por base problemas e desafios reais: i) num projeto tipo Capstone ii) numa Unidade de Investigação, ou iii) em ambiente empresarial (UC “Projeto Integrador de 1o ciclo (PIC1));*
- *A nível de 2o ciclo, a dissertação de mestrado poderá ser enquadrável também em uma de três modalidades: i) tese científica, ii) projeto em empresa e ii) projeto CAPSTONE, potenciando a interdisciplinaridade.*
- *Reconhecimento curricular de atividades extracurriculares;*
- *Introdução da formação em Humanidades, Artes e Ciências Sociais (HASS);*
- *Reforço das competências transversais integradas nas unidades curriculares;*
- *Reforço das valências em computação e programação;*

- **Aumento da formação em empreendedorismo e inovação**
  - **Mudança de paradigma de ensino com introdução/reforço de unidades curriculares baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on.**
- Informação mais detalhada sobre algum destes aspectos poderá ser disponibilizada e consultada em: Relatório CAMEPP e documento PERCIST.**

#### 4.7. Observations:

**Técnico established, as one of its priorities, the reshaping of its teaching model and pedagogical practices to today's world. In this context, it started a process of analysis and reflection on its teaching model and pedagogical practices, aiming to define the guidelines for a reorganization of the courses curricula and pedagogical model in the School. In January 2018, the "Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas - CAMEPP" was set up, mandated by the School bodies, to rethink the IST's pedagogical training model. This analysis resulted in a set of measures regarding the curricular structure, organization, philosophy, and pedagogical practices, which are reflected in the document PERCIST "Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1o e 2o ciclo do Instituto Superior Técnico 2122". PERCIST has established the general guidelines for restructuring all courses of Instituto Superior Técnico (IST), conferring degrees from 1st and 2nd cycles, and that will be implemented in 21-22.**

**The main measures that are going to be implemented, and that were incorporated in IST's 1st and 2nd cycle courses, are presented here in a generic way:**

- **Recognition of the importance of solid training in Engineering Sciences;**
  - **Change to UCs of 12, 9, 6 and 3 units of the European credit transfer and accumulation system (ECTS);**
  - **Increased of curricular flexibility at the 1st cycle level with the creation of pre-major curricular units (up to 12ECTS), and in the 2nd cycle with curricular units as free options (18-30ECTS);**
  - **Creation of coherent minors of 18 ECTS, at the level of the 2nd cycle, in an area of complementary and multidisciplinary training, which can be intra- or interdepartmental;**
  - **Creation / reinforcement of integrative and interdisciplinary projects that will involve preferably team work and may be based on real problems and challenges: i) in a Capstone project ii) in a Research Unit, or iii) in a business environment (UC "Projeto Integrador de 1st cycle (PIC1));**
  - **At the 2nd cycle level, the master's dissertation may also fit into one of three types: i) scientific thesis, ii) company project and ii) CAPSTONE project, enhancing interdisciplinarity.**
  - **Curricular recognition of extracurricular activities;**
  - **Introduction of training in Humanities, Arts and Social Sciences (HASS);**
  - **Reinforcement of transversal competences integrated in the curricular units;**
  - **Reinforcement of computing and programming skills;**
  - **Increased training in entrepreneurship and innovation**
  - **Changing the teaching paradigm with the introduction / reinforcement of curricular units based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on.**
- More detailed information on any of these aspects can be made available and consulted: CAMEPP report and PERCIST document.**

## 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.

**Pedro Manuel Urbano de Almeida Lima**

### 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
João Pedro Estrela Rodrigues Conde	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA ELECTROTECNICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Manuel Dias Ferreira de Jesus	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA ELECTROTECNICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Rui Jorge Morais Tomaz Valadas	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Fernando Alves da Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Leonel Augusto Pires Seabra de Sousa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Francisco André Corrêa Alegria	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rodrigo Martins de Matos Ventura	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mário Alexandre Teles de Figueiredo	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Manuel Santos de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alexandra Sofia Martins de Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo Sérgio De Brito André	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Salgado Arriscado Costeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ricardo Adriano Ribeiro	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo Ferreira Godinho Flores	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
André Filipe Torres Martins	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo Luís Serras Lobato Correia	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Catarina Fidalgo Barata	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João José de Oliveira Pires	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Bruno Emanuel Da Graça Martins	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	INFORMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rita Maria Mendes de Almeida Correia da Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Eng. Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Filipe Zeferino Tomás	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Eng. Electrotecnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Luís Da Costa Campos Gonçalves Sobrinho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Filipe Soldado Granadeiro Rosado	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	50	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Miguel Teixeira D'Avila Pinto da Silveira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Tânia Rodrigues Pereira Ramos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia e Gestão	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Manuel Urbano de Almeida Lima	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

João Manuel Lage de Miranda Lemos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís António Fialho Marcelino Ferreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Marcelino Bicho dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Eduarda De Sampaio Pinto de Almeida Pedro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Fernando Duarte Nunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo Jorge Fernandes Carreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMÁTICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Baptista de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Manuel Dos Santos Ribeiro Fernandes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Carlos De Campos Simões Baptista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Nuno De Oliveira e Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Carlos Alves Pereira Monteiro	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alexandre José Malheiro Bernardino	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo José da Costa Branco	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Manuel Torres Caldinhas Simões Vaz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Aleksandar Ilic	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Horácio Cláudio De Campos Neto	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Filipe Pereira Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Manuel Brito da Silva Girão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José João Henriques Teixeira de Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Tiago Martins Batista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Manuel de Freitas Xavier	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Isabel Maria Martins Trancoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Dos Santos Salvador Marques	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos António Cardoso Fernandes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

José Alberto Rosado dos Santos Vitor	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Duarte de Mesquita e Sousa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
António Luís Campos da Silva Topa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Luís Manuel De Jesus Sousa Correia	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Maria Paula Dos Santos Queluz Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Hugo Gabriel Valente Morais	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Paulo Rogério Barreiros D'Almeida Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Bernardo Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Maria Margarida Campos da Silveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Carlos Filipe Gomes Bispo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Management of Manufacturing and Automation	100	Ficha submetida
Rui Manuel Gameiro de Castro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
António José Castelo Branco Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
João Fernando Cardoso Silva Sequeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Gonçalo Nuno Gomes Tavares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Mário Gonçalo Mestre Veríssimo Silveirinha	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotecnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Teresa Maria Sá Ferreira Vazão Vasques	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
José Eduardo Charters Ribeiro da Cunha Sanguino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
José António Da Cruz Pinto Gaspar	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
José de Albuquerque Epifânio da Franca	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Ribeiro Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
André Quaresma dos Santos	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Manuel Marques Custódio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Rui Santos Abrantes	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engineering and Management	30	Ficha submetida
Carlos Manuel dos Reis Paiva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Teresa Maria Canavarro Menéres Mendes de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida

Fernando Henrique Côrte-Real Mira da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Nuno Cavaco Gomes Horta	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Rui Fuentecilla Maia Ferreira Neves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Carlos Nuno da Cruz Ribeiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA INFORMATICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Sónia Maria Nunes dos Santos Paulo Ferreira Pinto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Célia Maria Santos Cardoso de Jesus	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
João Pedro Castilho Pereira Santos Gomes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
				<b>8180</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.

83

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

81.8

##### 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:	81	99.022004889976

##### 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):	81.8	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.

<b>Corpo docente especializado / Specialized teaching staff</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>	
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	80.5	98.41075794621	81.8
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	81.8

#### 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

<b>Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>	
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	80	97.799511002445	81.8
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	81.8

#### 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.

*A avaliação do desempenho do pessoal docente do IST assenta no sistema multicritério definido no "Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes do Instituto Superior Técnico" (Despacho n.º 3855/2017, DR 2ª série, n.º 88 de 8 de maio de 2017, que actualiza o Despacho n.º 262/2013, DR, 2ª série, n.º 4, de 7 de janeiro de 2013, e o despacho n.º 4576/2010, DR 2ª Série, n.º 51 de 15 de março), sendo aplicado a cada docente individualmente e é aplicado nos períodos estipulados por Lei.*

*Permite a avaliação quantitativa da atuação do pessoal docente nas diferentes vertentes, e reflete-se nomeadamente sobre a distribuição de serviço docente regulamentada pelo Despacho Reitoral n.º 8985/2011 (DR, 2ª Série, N.º 130 de 8 de julho).*

#### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*Performance assessment of IST teaching-staff relies on the multi-criteria system defined in the "Regulations of Performance of IST Teaching-staff" (Rectoral Order 3855/2017 Government Journal 2nd Series, No 88 of May 8, that updates the Rectoral Order 262/2013 Government Journal 2nd Series, No 4 of January 7 and the Rectoral Order 4576/2010, Government Journal 2nd Series, No. 51 of 15 March), which is applied to each professor individually and for periods established under the law. It allows for the quantitative assessment of the performance of the teaching staff in different strands and is reflected particularly on the allocation of the teaching duties, which is governed by the Rectoral Order 8985/2011 (Government Journal, 2nd Series, No. 130 of 8th July).*

#### 5.6. Observações: <sem resposta>

#### 5.6. Observations: <no answer>

## 6. Pessoal Não Docente

### 6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à leção do ciclo de estudos.

*A atividade dos funcionários não-docentes afetos à leção do ciclo de estudos desenvolve-se em duas vertentes: administrativa e técnica. No primeiro caso, os funcionários providenciam apoio de secretariado aos alunos e docentes envolvidos nas unidades curriculares (UC) do MEEC (e.g., receção de dissertações de mestrado e de relatórios, atribuição das vigilâncias de teste/exames). No segundo caso, os funcionários prestam apoio na gestão nos laboratórios envolvidos nas UC, instalam o software necessário, e prestam apoio técnico aos alunos no desenvolvimento das suas dissertações de mestrado, entre outros.*

*Existe um total de 15 funcionários não-docentes afetos à leção do ciclo de estudos: 8 com atividade administrativa, e 7 com atividade técnica. Todos têm um contrato a tempo integral com o IST, sendo a percentagem de afetação (ao apoio à leção) de 50% para os funcionários com atividade administrativa e de 80% para os funcionários com atividade técnica.*

### 6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

*The activity of non-teaching staff giving teaching support in the study cycle is of two types: administrative and technical. In the first case, employees provide secretarial support to students and teaching staff involved in the MEEC curricular units (UC) (e.g., receiving master's dissertations and reports, assigning tests/exams surveillance). In the second case, the employees provide management support in the laboratories involved in the UC, install the necessary software, and provide technical support to students in the development of their master's dissertations, among others. There is a total of 15 non-teaching staff assigned to the teaching support in the study cycle: 8 with administrative activity, and 7 with technical activity. They all have a full-time contract with IST, with the percentage of allocation (to teaching support) of 50% for employees with administrative activity and 80% for employees with technical activity*

### 6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à leção do ciclo de estudos.

*Entre os 15 funcionários referidos em 6.1, e em termos de carreira: 1 é Coordenador Técnico, 1 é Técnico Superior, 12 são Assistentes Técnicos e 1 é Assistente Operacional; em termos de habilitações literárias: 1 obteve o Bacharelato, 13 concluíram o 12o ano (ensino secundário) e 1 concluiu o 9o ano (3o ciclo do ensino básico).*

### 6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

*Among the 15 employees mentioned in section 6.1, and in terms of career: 1 is Technical Coordinator, 1 is Senior Technician, 12 are Technical Assistants and 1 is Operational Assistant; in terms of educational qualifications: 1 obtained a Bachelor's Degree, 13 completed the 12th grade (secondary education) and 1 completed the 9th grade (3rd cycle of basic education).*

### 6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*O IST implementa o SIADAP desde a sua criação jurídica, em 2004, tendo actualizado o funcionamento e os procedimentos, com as revisões do sistema de avaliação, em 2007 e em 2013. A avaliação integra os subsistemas:*

- *de Avaliação do Desempenho dos Dirigentes da Administração Pública - SIADAP 2, aplicado em ciclos de três anos, consoante as comissões de serviço dos avaliados*
- *de Avaliação do Desempenho dos Trabalhadores da Administração Pública - SIADAP 3, com carácter bianual, a partir do ciclo de 2013-2014.*

*Todo este processo foi desmaterializado e está disponível na plataforma de aplicações centrais do IST (.dot), sendo acedido pelos vários intervenientes (avaliadores, avaliados, Direcção de Recursos Humanos e dirigentes de topo) electronicamente. O processo PREVPAP vai permitir a integração de muitos colaboradores do técnico que não detinham um vínculo com a administração pública. Mais informação está disponível na página da DRH do IST na Internet.*

### 6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

**Active since it was legally created in 2004, IST has updated its functioning and procedures and reviewed the evaluation system in 2007 and 2013. The evaluation includes the following subsystems:**

**- the System for Performance Assessment of the Senior Officials of the Public Administration (SIADAP 2), applied in three cycles, depending on the service commissions of those evaluated;**

**- the System for Performance Assessment of the Public Administration Employees (SIADAP 3), every two years, from 2013-2014. This process was dematerialized and is available on the central application form of IST (.dot). Access is made by the different actors (evaluators, evaluated, HR Division, and senior officials) electronically.**

**The PREVPAP regulations will drive IST to integrate diverse members of non-academic staff in the Public Administration. Further information about Human Resources Division available at IST webpage.**

## 7. Instalações e equipamentos

**7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

***Tipo de Espaço Área (m2)***

**1 Sala de apoio a laboratórios 9.1**

**1 Biblioteca 929.2**

**11 Laboratórios exclusivamente para investigação 655.1 7 Salas de informática 277.1**

**31 Laboratórios de ensino/investigação 2041.8**

**9 Salas de estudo 593.5**

**7 Laboratórios de ensino 514.5**

**1 Gabinete 21.4**

**7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):**

***Type of space Area (m2)***

**1 Laboratory support room 9.1**

**1 Library 929.2**

**11 Research laboratories 655.1**

**7 Computer rooms 277.1**

**31 Teaching/Research laboratories 2041.8 9 Study rooms 593.5**

**7 Teaching laboratories 514.5**

**1 Office 21.4**

**7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):**

***Numero Equipamentos e materiais***

**18 Equipamento multimedia (Televisões, projectores, etc)**

**500 Computadores pessoais**

**68 Motores e transformadores**

**42 Impressoras**

**200 Osciloscópios**

**52 Sensores e placas de aquisição de sinais**

**17 Analisadores (Espectro, rede, etc)**

**106 Equipamento de procura de sinais (Amplificadores, filtros, etc)**

**25 Robôs**

**14 Bancadas completas para ensino de redes**

**10 Bancadas completas para ensino de sistemas de comunicação**

**10 Bancadas completas para ensino de microondas**

**3 Bancadas completas para ensino de antenas**

**17 Bancadas completas para ensino de controlo**

**45 Bancadas completas para ensino de energia e maquinas eléctricas**

**7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):**

***Number Equipment and materials***

**18 Multimedia equipment (TVs, projectors, etc)**

500 Personal computers  
 68 Motors e transformers  
 42 Printers  
 200 Oscilloscopes  
 52 Sensors and data acquisition boards  
 17 Analyzers (spectrum, network, etc)  
 106 Signal searching equipment (amplifiers, filters, etc)  
 25 Robots  
 14 Lab bench for education on networks  
 10 Lab bench for education on communication systems  
 10 Lab bench for education on microwaves  
 3 Lab bench for education on antennas  
 17 Lab bench for education on Control  
 45 Lab bench for education on Energy and Electrical Machines

## 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
Instituto de Sistemas e Robótica - LARSyS / Institute for Systems and Robotics - LARSyS	Excelente / Excellent	IST, U. Lisboa	18	
Instituto de Telecomunicações / Institute of Telecommunications	Muito Bom / Very Good	IST, U. Lisboa	39	
Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores - Investigação e Desenvolvimento - INESC-ID	Excelente / Excellent	IST, U. Lisboa	38	

### 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.

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/69b6f00b-7869-062d-a8cd-5e738174f6c0>

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:

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/69b6f00b-7869-062d-a8cd-5e738174f6c0>

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.

*Vários projetos de investigação apoiados pela FCT, a Comissão Europeia e outros organismos de financiamento internacionais são coordenados nas unidades de investigação onde o corpo docente do MEEC desenvolve sua atividade científica. Destacamos aqui exemplos de projetos que incluem o envolvimento ativo de estudantes do MEEC, organizados por unidades de investigação:*

*O INESC-ID desenvolve investigação em inteligência artificial, sistemas de apoio à informação e decisão, sistemas distribuídos, redes de comunicação, computação de alta performance, microeletrónica e sistemas de energia. Entre inúmeros projetos e parcerias, destacamos:*

*-IntelRoofline-Boosting the roofline-based optimization guidance and performance modeling for modern CPU systems: contrato de prestação de serviços com a Intel Corporation;*

*-UNSEEN- Sistema para Triagem de Cancro de Mama com Ondas de Radio: financiado pela FCT;*

*-FutureTPM-Future Proofing the Connected World: A Quantum-Resistant Trusted Platform Module: financiado pela CE.*

*Os docentes do IST no Instituto de Telecomunicações (IT) participam ou coordenam anualmente cerca de 40 projetos nacionais e internacionais, que envolvem cerca de 70 estudantes. Destacam-se os projetos ISTSat1, no âmbito de um*

**programa da ESA para o lançamento de um cubesat em 2021, DeepSpin no âmbito de uma ERC para processamento de linguagem natural, e a Quantum Internet Alliance, EU/H2020, rede pan-Europeia para o desenvolvimento e demonstração de uma rede Internet Quântica funcional.**

**O corpo docente do DEEC do ISR coordena / participa regularmente de projetos de investigação nacionais e internacionais, onde vários estudantes estão envolvidos em atividades de investigação como voluntários, bolsiros de investigação ou estudantes de tese de mestrado. Atualmente, alguns dos muitos projetos em curso com essas características são o H2020 OceanTech e o FCT REPLACE (em planeamento, controlo e navegação de robôs autónomos marinhos e aéreos), o FCT FIREFRONT e o P2020 VOAMAIIS (em visão computacional para aplicações de robôs aéreos para monitorizar incêndios florestais e cenários marítimos e da vida selvagem), o H2020 SciRoc e o MBZIRC2020, financiado pelos Emirados Árabes Unidos (que dinamizam investigação em robótica através de competições).**

**O IST possui vários protocolos e acordos de parceria para programas de estudos com universidades internacionais:**

**Programas de crédito: mobilidade com duração de um ano ou semestre académico**

- **Acordos bilaterais (com Austrália, Brasil, China, Índia, Japão e Rússia).**
- **Programa Erasmus (com países europeus).**
- **Programa Erasmus Mundus - esquemas de mobilidade.**
- **Programa SMILE (países da América Latina e Caribe).**

**Programas de graduação dupla: alunos obtêm dois diplomas de mestrado**

- **Graus duplos sob acordos bilaterais (Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ e São Paulo Universidade, Poli-USP).**
- **Mestres CLUSTER (Kungl Tekniska Hogskolan, KTH, e Universidade Politecnica da Cataluña, UPC).**

#### **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.**

**Several research projects supported by FCT, the European Commission, and other international funds, run under the research units where MEEC faculty develops their scientific activity. We point out here examples of projects which include active involvement of MEEC students, organized by research units:**

**INESC-ID develops research in artificial intelligence, information and decision support systems, distributed systems, communication networks, high performance computing, microelectronics and energy systems. Among countless projects and partnerships, we highlight:**

- IntelRoofline-Boosting the roofline-based optimization guidance and performance modeling for modern CPU systems: service agreement with Intel Corporation;**
- UNSEEN- System for Screening Breast Cancer with Radio Waves: funded by FCT;**
- FutureTPM-Future Proofing the Connected World: A Quantum-Resistant Trusted Platform Module: funded by the EC.**

**DEEC faculty at the Instituto of Telecommunications (IT) participate or coordinate annually around 40 national and international projects, involving about 70 students. Noteworthy are the ISTSat1 projects, within the scope of an ESA program for the launch of a cubesat in 2021, DeepSpin within the scope of an ERC for natural language processing, and Quantum Internet Alliance, EU / H2020, pan-European network for the development and demonstration of a functional Quantum Internet network.**

**ISR's DEEC faculty regularly coordinate/participate in national and international research projects where several students are involved on research activities as volunteers, research grantees, or MSc thesis students. Currently, some of the many ongoing projects with such characteristics are H2020 OceanTech and FCT REPLACE (on planning, control and navigation for marine and aerial autonomous robots), FCT FIREFRONT and P2020 VOAMAIIS on computer vision for applications of aerial robots to monitor forest fires and maritime and wildlife scenarios, H2020 SciRoc and UAE-funded MBZIRC2020 on robotics research through competitions.**

**IST has several protocols and partnership agreements for study programmes with international universities. Students receive at the end a certificate with grades and credits. Only master students can apply. Among those, MEEC is involved with the following:**

**Credit Programmes: mobility programmes that have the duration of an academic year or a semester**

- **Bilateral Agreements (with Australia, Brazil, China, India, Japan and Russia).**
- **Erasmus Programme (with European countries).**
- **Erasmus Mundus Programme – Mobility Schemes.**
- **SMILE Programme (Latin American and Caribbean countries).**

**Double Degree Programmes: allow master students to obtain two Master Diplomas at the end of the study period.**

- **Double Degrees under Bilateral Agreements (with Federal University of Rio de Janeiro, UFRJ, and São Paulo University, Poli-USP).**
- **CLUSTER Masters (with Kungl Tekniska Hogskolan, KTH, and Universidade Politecnica da Cataluña, UPC).**

## 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:

*Consideraram-se os dados relativos ao desemprego dos diplomados da DGEEC. Os dados mais recentes são relativos a Junho de 2019 (Fonte: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior–jun/2019–Tabela Geral)*

*Para comparação considerou-se a oferta formativa similar em Lisboa e Porto, nomeadamente os mestrados em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da UNL e da UP, com desemprego residual de 1,3% e 0,4% respectivamente. Nos restantes cursos das restantes universidades, o desemprego varia entre os 0% e 1,3%. Esta oferta formativa apresenta um nível de desemprego residual. (Diplomados entre 2010 e 2018). O actual Mestrado oferecido no IST apresenta, para as mesmas cortes e período, um desemprego residual de 0,5%.*

*Os dados internos do IST indicavam que 97,4% dos diplomados deste mestrado encontram-se a desempenhar actividade remunerada (Inquérito anual à situação profissional dos recém-diplomados de 2º Ciclo do IST–Observatório de Empregabilidade do IST, 2019).*

### 9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

*DGEEC graduates' unemployment data were considered. The most recent data are for June 2019 (Source: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior–jun/2019–Tabela Geral)*

*For comparison, a similar training offer was considered in Lisbon and Porto, namely the masters in Electrical and Computer Engineering at UNL and UP, with residual unemployment of 1.3% and 0.4% respectively. In the remaining courses at the other universities, unemployment varies between 0% and 1.3%. This training offer presents a level of residual unemployment. (Graduated between 2010 and 2018). The current Master's degree offered at IST presents, for the same cuts and period, a residual unemployment of 0.5%.*

*The internal data from IST indicated that 97.4% of the graduates of this master's degree are engaged in paid work (Annual survey of the professional situation of recent graduates of the 2nd cycle of IST - IST Employability Observatory, 2019).*

### 9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

*Considerando o atual Mestrado Integrado, nos últimos 3 anos, o número de vagas (220) foi sempre completamente preenchido, sendo o número de candidatos sempre superior a 750, mais de 150 em 1ª opção. A nota mínima de serração tem estado próxima dos 16 valores, sendo a 2ª mais alta de todo o país para o mesmo nº de ordem de notas de seriação.*

*No concurso interno de acesso ao 2º ciclo, nos últimos 3 anos cerca de 50% das 40 vagas foram ocupadas por alunos provenientes de outros cursos do IST. A maioria das vagas provenientes de outras vias de ingresso resulta de mudanças de par instituição/curso e o número de colocados tem variado entre 14 e 35.*

### 9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

*Considering the current Integrated Master program, in the last 3 years, the number of vacancies (220) has always been completely filled, with the number of candidates always exceeding 750, more than 150 in 1st option. The minimum ranking grade has been close to 16 values, being the 2nd top value across the country for the same serial number of ranking grades.*

*In the internal call for access to the 2nd cycle, in the last 3 years about 50% of the 40 places were occupied by students from other IST courses. The majority of vacancies coming from other sources result from changes of institution / course pairs and the number of placed students has varied between 14 and 35.*

### 9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

*N/A*

### 9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

*N/A*

## 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:

**Mestrados:**

*Technical University of Denmark - Computer Science and Engineering, Electrical Engineering*

*Politecnico di Torino – Electrical and Computer Engineering*

*Politecnico di Milano – Computer Science and Engineering*

*École Polytechnique Fédérale de Lausanne - Electrical and Electronic Engineering*

*Federal Institute of Technology of Zurich – Electrical Engineering and Information*

*Technical University of Delft – Electrical Engineering, Computer Engineering*

*Karlsruhe Institute of Technology - Electrical Engineering and Information Technology*

*Technical University of Eindhoven – Electrical Engineering*

*Royal Institute of Technology (KTH, Estocolmo) – vários programas focados em sub-áreas, como Communication Systems, Systems, Control and Robotics; regime de períodos*

*Universidade Politècnica da Catalunya - vários programas focados em sub-áreas, como Telecommunications Engineering, Electronic Engineering, Electrical Engineering, Computer Engineering*

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

**Mestrados:**

*Technical University of Denmark - Computer Science and Engineering, Electrical Engineering*

*Politecnico di Torino – Electrical and Computer Engineering*

*Politecnico di Milano – Computer Science and Engineering*

*École Polytechnique Fédérale de Lausanne - Electrical and Electronic Engineering*

*Federal Institute of Technology of Zurich – Electrical Engineering and Information*

*Technical University of Delft – Electrical Engineering, Computer Engineering*

*Karlsruhe Institute of Technology - Electrical Engineering and Information Technology*

*Technical University of Eindhoven – Electrical Engineering*

*Royal Institute of Technology (KTH, Estocolmo) – several programmes focused on sub-areas, such as Communication Systems, Systems, Control and Robotics; offer structured in quarters*

*Universidade Politècnica da Catalunya - several programmes focused on sub-areas, such as Telecommunications Engineering, Electronic Engineering, Electrical Engineering, Computer Engineering*

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*Um conjunto de instituições foi analisado (Technical University of Denmark, Politecnico di Torino, Politecnico di Milano, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Federal Institute of Technology of Zurich, Technical University of Delft, Karlsruhe Institute of Technology, Technical University of Eindhoven, Royal Institute of Technology, Universidade Politècnica da Catalunya) tendo sido identificadas objetivos análogos aos do MEEC/IST:*

- *Project Based-Learning, Research-Based Learning, Client Based-Learning, Hands-on*
- *Flexibilidade nos percursos académicos*
- *Competências transversais integradas nas UCs*
- *Projectos integradores multidisciplinares*
- *Anos lectivos organizados de modo a potenciar maior foco e trabalho contínuo*
- *Formação em empreendedorismo e inovação - Empresas & Academia*

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*A number of institutions were analyzed (Technical University of Denmark, Politecnico di Torino, Politecnico di Milano, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Federal Institute of Technology of Zurich, Technical University of Delft, Karlsruhe Institute of Technology, Technical University of Eindhoven, Royal Institute of Technology, Polytechnic University of Catalonia) and objectives similar to those of MEEC / IST were identified:*

- *Project Based-Learning, Research-Based Learning, Client Based-Learning, Hands-on*
- *Flexibility in academic pathways*
- *Transversal competences integrated in the UCs*
- *Multidisciplinary integrating projects*
- *Academic years organized in order to promote greater focus and continuous work*
- *Entrepreneurship and innovation training - Companies & Academia*

## 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:

- *Existência de várias áreas de especialização, conferindo versatilidade nas competências adquiridas, numa área*

*principal complementada por uma oferta livre muito diversificada, e uma forte formação prática, baseada na realização de projetos;*

- *formação complementar nas áreas da gestão de projetos e empreendedorismo e transferência de tecnologia;*
- *estudos de avaliação de qualidade elaborados com regularidade pelo Gabinete de Estudos e Planeamento (GEP), incluindo o seguimento dos alumni;*
- *reuniões de preparação do semestre seguinte e avaliação de funcionamento dos semestres anteriores, que envolve a coordenação do curso, professores e representantes dos alunos;*
- *sistema Qualidade de Unidades Curriculares (QUC) com auditorias promovidas pelo Conselho Pedagógico a situações de funcionamento inadequado;*
- *conjunto razoável de espaços para aulas de exposição e laboratoriais;*
- *disponibilidade de meios experimentais para ensino;*
- *gestão profissional dos espaços;*
- *todos os docentes são doutorados e em regime de tempo integral, sendo uma fração significativa considerada de qualidade excelente no sistema QUC;*
- *muitos dos docentes são especialistas reconhecidos internacionalmente nas áreas em que lecionam, seja pela sua atividade científica, seja pela vertente profissional.*

#### 12.1. Strengths:

- *Existence of several areas of specialization, giving versatility in the acquired skills, in a main specialization area complemented by a very diversified free offer, and a strong practical training, based on the realization of projects;*
- *complementary training in the areas of project management and entrepreneurship and technology transfer;*
- *quality assessment studies prepared regularly by the Studies and Planning Office (GEP), including the monitoring of alumni;*
- *preparation meetings for the following semester and evaluation of the functioning of the previous semesters, which involves coordinating the course, teachers and student representatives;*
- *Quality System of Curricular Units (QUC) with audits promoted by the Pedagogical Council to situations of inadequate functioning;*
- *reasonable set of spaces for exhibition and laboratory classes;*
- *availability of experimental means for teaching;*
- *professional management of spaces;*
- *all teachers are PhDs and full-time, with a significant fraction considered to be of excellent quality in the QUC system;*
- *many of the teachers are internationally recognized specialists in the areas in which they teach, either for their scientific activity or for their professional aspect.*

#### 12.2. Pontos fracos:

- *Dificuldade de implementar mecanismos/procedimentos efetivos que garantam correção de situações anómalas durante o semestre em questão, mesmo que tendo sido corretamente diagnosticadas;*
- *o contacto com a indústria a sociedade poderia ser mais estreitado e incrementado, dado o elevado número de ex-alunos do MEEC que ocupam cargos de relevo aos mais diferentes níveis;*
- *o ensino ministrado beneficiaria de um maior aproveitamento das potencialidades das novas tecnologias, em especial no domínio da auto-aprendizagem;*
- *dispersão da atividade dos docentes em tarefas não estritamente letivas e de investigação;*
- *idade média dos docentes elevada;*
- *número insuficiente de técnicos de laboratório qualificados.*

#### 12.2. Weaknesses:

- *Difficulty in implementing effective mechanisms / procedures that guarantee correction of anomalous situations during the semester in question, even if they have been correctly diagnosed;*
- *contact with industry and society could be stronger and increased, given the high number of MEEC alumni who occupy important positions at the most different levels;*
- *the teaching provided would benefit from a greater use of the potential of new technologies, especially in the field of self-learning;*
- *dispersion of teachers' activities in non-teaching and research tasks;*
- *high average age of teachers;*
- *insufficient number of qualified laboratory technicians.*

#### 12.3. Oportunidades:

- *Necessidade crescente de profissionais em diversas áreas (algumas delas emergentes) cobertas pelo programa de Mestrado (ex<sup>o</sup>s.: aprendizagem automática, energia, robótica, inteligência artificial, nanoeletrónica, nanofotónica, redes de computadores, sistemas ciberfísicos, outras tecnologias da informação e comunicação);*
- *redução do número de UCs frequentadas simultaneamente permitirá que os alunos disponham de mais tempo para cada UC e se possam focar melhor nas respetivas matérias lecionadas;*
- *extensão do trabalho realizado pelos estudantes em empresas e unidades de investigação, em tópicos inovadores e na forma de projeto integrador dos conhecimentos adquiridos;*
- *número elevado de recém-doutorados com grande qualidade intelectual e científica com potencial para assegurarem*

**a eventual renovação do corpo docente;**

- possibilidade de envolver em tarefas de docência os investigadores doutorados afectos a atividade de investigação, nomeadamente nos Laboratórios Associados (IT, INESC-ID e ISR);
- possibilidade da utilização de monitores para o apoio ao ensino;
- possibilidade mais alargada de atrair alunos de outros 1<sup>os</sup> Ciclos.

### 12.3. Opportunities:

- *Increasing need for professionals in various areas (some of them emerging) covered by the Master programme (e.g., machine learning, energy, robotics, artificial intelligence, nanoelectronics, nanophotonics, computer networks, cyber-physical systems, other information and communication technologies);*
- *reducing the number of UCs attended simultaneously will allow students to have more time for each UC and to be able to focus better on the respective subjects taught;*
- *extension of the work done by students in companies and research units, on innovative topics and in the form of a project that integrates the acquired knowledge;*
- *high number of recent doctorates with great intellectual and scientific quality with the potential to ensure the eventual renewal of the teaching staff;*
- *possibility of involving doctoral researchers involved in the research activity in teaching tasks, namely in the Associated Laboratories (IT, INESC-ID and ISR);*
- *possibility of using teaching assistants to support teaching;*
- *wider possibility to attract students from other 1st Cycles.*

### 12.4. Constrangimentos:

- *Carácter fundamentalmente regional/local da captação de alunos, possibilidade de muitos ficarem pelo 1º Ciclo;*
- *envelhecimento do corpo docente e falta de renovação, que faz com que se funcione acima do rácio docente/aluno desejável;*
- *insuficiência de técnicos de apoio a laboratório e administrativos, que sobrecarrega a atividade do corpo docente;*
- *a atual exigência das múltiplas atividades nem sempre permite “disponibilizar” tempo adequado para as tarefas de monitorização e correções subsequentes;*
- *inexistência de estruturas de nível intermédio que permita libertar os docentes e a coordenação para tarefas mais de carácter estratégico;*
- *financiamento deficiente do ensino superior cria dificuldades à manutenção, reparação e aquisição de equipamentos, à renovação de espaços e à aquisição de consumíveis;*
- *resistência do corpo docente em alterar as práticas de avaliação e metodologias de ensino;*
- *não aproveitamento pelos alunos da oportunidade de terem mais tempo de trabalho autónomo e falta de percepção da necessidade de uma nova atitude mais proativa no estudo autónomo.*

### 12.4. Threats:

- *Fundamentally regional / local character of attracting students, possibility of many staying in the 1st Cycle;*
- *aging of the teaching staff and lack of renewal, which makes the staff work above the desirable teacher / student ratio;*
- *insufficiency of laboratory and administrative support technicians, which overloads the activity of the teaching staff;*
- *the current requirement for multiple activities does not always allow “making available” adequate time for monitoring tasks and subsequent corrections;*
- *inexistence of intermediate level structures that allow the freeing of teachers and coordination for more strategic tasks;*
- *limited funding for higher education creates difficulties in maintaining, repairing and purchasing equipment, renovating spaces and purchasing consumables;*
- *resistance of the teaching staff to change the evaluation practices and teaching methodologies;*
- *failure by students to take advantage of the opportunity to have more autonomous work time and lack of perception of the need for a new, more proactive attitude in autonomous study.*

### 12.5. Conclusões:

**A atualização e modernização do MEEC 2122 manifestam-se em 2 pilares essenciais:**

- **criação de 7 Áreas Principais, ao invés das atuais 5 Áreas de Especialização Principal (AEP), que envolvem uma oferta multi-especialização, dentro da Engenharia Electrotécnica e de Computadores, entre as 5 Áreas Científicas (AC) do DEEC (atualmente cada AEP corresponde no essencial a 1 AC)**
- **abertura ao máximo possível de escolha de Opções Livres / Minor Multidisciplinares / Atividades Extra-Curriculares pelos alunos.**

**Os princípios que nortearam a definição da nova estrutura curricular foram:**

- **Sublinhar o carácter de responsabilização dos alunos pelas suas escolhas, nomeadamente possibilitando a creditação de uma quantidade de ECTS em atividades extracurriculares e opções fora da especialização principal, fomentando uma visão multidisciplinar da formação e depositando confiança na maturidade dos alunos para efetuarem as escolhas da sua formação complementar;**
- **permitir ainda assim uma definição de perfis pela Coordenação, que guiarão os alunos nas suas escolhas, com UCs oferecidas em blocos coerentes, que constituam Áreas de Especialização Secundárias, ou complementos da AP,**

**dentro do MEEC;**

- **aumentar o número de ECTS dedicados à Dissertação do MEEC, levando em conta a experiência desde a entrada em vigor do Modelo de Bolonha, que mostra que um número significativo de alunos não termina a sua tese em 1 semestre, como seria desejável;**
- **Incluir uma componente de formação opcional entre gestão de projetos de engenharia ou empreendedorismo, inovação e transferência de tecnologia.**

#### **12.5. Conclusions:**

**The updating and modernization of the MEEC 2122 is manifested in 2 essential pillars:**

- **creation of 7 Main Areas, instead of the current 5 Main Specialization Areas (AEP), which involve a multi-specialization offer, within Electrotechnical and Computer Engineering, among the 5 Scientific Areas (AC) of DEEC (currently each AEP essentially corresponds to 1 BC)**
- **opening to the maximum possible choice of Free Options / Multidisciplinary Minor / Extra-Curricular Activities by the student.**

**The principles that guided the definition of the new curricular structure were:**

- **Underline the character of accountability of students for their choices, namely enabling the crediting of a number of ECTS in extracurricular activities and options outside the main specialization, fostering a multidisciplinary view of training and placing confidence in the maturity of students to make their own choices of complementary training;**
- **allow a definition of profiles by the Coordination, which will guide students in their choices, with UCs offered in coherent blocks, which constitute Secondary Specialization Areas, or complementary to the AP, within MEEC;**
- **increase the number of ECTS dedicated to the MEEC Dissertation, taking into account the experience since the Bologna Model came into force, which shows that a significant number of students do not finish their thesis in 1 semester, as would be desirable;**
- **Include an optional training component between engineering project management or entrepreneurship, innovation and technology transfer.**