

NCE/19/1901044 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade Nova De Lisboa

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)

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:

170

1.10. Condições específicas de ingresso.

Para ingressar no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, os estudantes terão que possuir a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Candidatos com formações similares serão avaliados com base no seu Curriculum e experiência profissional. Todos os candidatos terão de ser aprovados pela comissão científica, podendo ser sujeitos a uma entrevista, com o objetivo de avaliar a sua preparação e motivação para o curso de Mestrado.

1.10. Specific entry requirements.

To enrol on the Master degree in Electrical and Computer Engineering, students must have a degree in Electrical and Computer Engineering. Candidates with similar backgrounds will be evaluated based on their Curriculum and professional experience. resume and professional experience. All candidates have to be approved by the scientific committee, and may be subject to an interview to assess their preparation as well as their motivation for the Master degree.

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

-

1.11.1. If other, specify:

-

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

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

[1.13._Reg.459-2020_creditação de competencias_11-05-2020.pdf](#)

1.14. Observações:

<sem resposta>

1.14. Observations:

<no answer>

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Aprovação pelo Reitor da NOVA, ouvido o Colégio de Diretores

2.1.1. Órgão ouvido:

Aprovação pelo Reitor da NOVA, ouvido o Colégio de Diretores

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

[2.1.2._Despachos Reitorais adaptacao assinados pelo Reitor_08-05-2020 1_MEEC.pdf](#)

Mapa I - Conselho Científico da FCT NOVA

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FCT NOVA

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

[2.1.2._Dec_CC_MEEC.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da FCT NOVA

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FCT NOVA

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

[2.1.2._Dec_CP_MEEC.pdf](#)

Mapa I - Plano de Creditação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de Creditação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

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

[2.1.2._Plano de Creditação_MIEEC.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:

Os objetivos gerais do ciclo de estudos são os de formar mestres com o nível de conhecimentos, capacidade de compreensão e competências de análise, especificação, projeto e utilização de produtos e serviços relacionados com a Área Científica de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores a um nível compatível com o requerido pelos artigos 15.º e 18.º do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 107/2008, de 25 de junho e republicado em anexo do mesmo. Em termos mais específicos, as áreas cobertas são Energia, Eletrónica, Telecomunicações, Controlo Industrial, Sistemas Digitais, Manufatura Integrada e Tecnologias de Informação.

3.1. The study programme's generic objectives:

The general objectives of the study programme are to train masters with the level of knowledge, comprehension and skills of analysis, specification, design and use of products and services related to Scientific Area of Electrical and Computer Engineering at the level required by the articles 15. and 18. Decree-Law n. 74/2006, of March 24, as amended by Decree-Law n. 107/2008 of June 25 and reprinted in the corresponding Annex. In more specific terms, the areas covered are Energy, Electronics, Telecommunications, Industrial Control, Digital Systems, Integrated Manufacturing and Information Technology.

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

O ciclo de estudos fornece uma formação tecnológica avançada, com caráter interdisciplinar que permite dotar o estudante da capacidade de realizar projetos integrados de média/elevada dimensão, promovendo a competência de lidar com sistemas complexos. Os estudantes escolhem 2 das 6 áreas científicas do ciclo de estudos. Existe ainda uma formação interdisciplinar que consiste na escolha de uma unidade curricular (UC) de 6 ECTS de áreas distintas da engenharia eletrotécnica (QAC - qualquer área científica), permitindo complementar a sua formação em áreas adjacentes, como sejam as relacionadas com a gestão de projetos e/ou gestão de qualidade, além de um módulo de 3 ECTS em empreendedorismo. A aferição do nível de conhecimentos e aptidões dos estudantes é feita através de um cuidadoso sistema de avaliação contínua das diferentes UC, bem como pelo reconhecimento das entidades empregadoras, através da elevada taxa de empregabilidade verificada nos últimos anos.

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

The study programme provides advanced technological training, with an interdisciplinary character that enables the student to be able to carry out integrated medium/high dimension projects, promoting the competence to deal with complex systems. Students choose 2 of the 6 scientific areas of the study cycle. There is also an interdisciplinary training which consists of choosing a course of 6 ECTS from areas outside the electrical engineering (QAC - any scientific area), allowing to complement their training in adjacent areas, such as those related to the management of projects and/or quality management, as well as a 3 ECTS module on entrepreneurship.

The assessment of students' knowledge and skills is made through a careful system of continuous assessment of the different UC, as well as by the recognition of employers, through the high employability rate observed in recent years.

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:

O Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MIEEC) é um curso inerentemente interdisciplinar que visa a formação de técnicos na área de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (EEC), com uma estrutura curricular alinhada com o projeto educativo da FCT NOVA, através da inclusão de uma UC transversal aos cursos da Faculdade que visa a formação em empreendedorismo, bem como pela obrigatoriedade de realização por parte dos estudantes de uma UC numa área exterior. O caráter fortemente interdisciplinar da formação, característica de todos os cursos da FCT NOVA, é suportado pela obrigatoriedade de escolha por parte dos estudantes de duas subáreas científicas. A orientação das UC, nomeadamente no que respeita à aquisição de competências técnicas bem como competências interpessoais, visa fazer face não só às exigências do mercado de trabalho, mas também à prossecução dos estudos em termos de investigação e doutoramento. Esta opção encaixa perfeitamente na missão e estratégia da instituição, nomeadamente no que concerne o objetivo de ser uma referência em termos de investigação. Este desígnio tem tido frutos no passado recente, devidamente demonstrados pelos sucessos profissionais e, ou na prossecução de estudos, dos estudantes do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MIEEC) no qual este ciclo de estudos é baseado. Exemplos destas realizações são a elevada procura de estudantes por parte do mercado de trabalho, a alta percentagem de sucesso em obtenção de bolsas de estudo de doutoramento atribuído pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, assim como a existência de artigos científicos derivados do trabalho na Dissertação.

O aspeto de internacionalização, também considerado muito relevante em termos da instituição, é conseguido através da participação dos estudantes no programa Erasmus. Este programa tem igualmente sido usado para realizar a

dissertação na universidade estrangeira, providenciando um carácter mais científico ao intercâmbio do que a simples aquisição de competências em unidades curriculares.

A qualidade científica do ciclo de estudos é suportada pela investigação desenvolvida pelo corpo docente no domínio da EEC no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, e nos centros de investigação onde estão inseridos, como o Centro de Tecnologias e Sistemas do Uninova ou o Instituto de Telecomunicações. Nesse sentido, contribuem igualmente as parcerias que os docentes envolvidos na lecionação possuem com empresas e centros de investigação nacionais e internacionais.

Todos estes aspetos provam a coerência entre o MEEC e a missão definida nos estatutos da FCT NOVA, que visa o desenvolvimento de uma investigação competitiva, interdisciplinar, e de um ensino de excelência, com programas académicos competitivos a nível nacional e internacional, assim como uma participação interinstitucional alargada, com vista à criação de sinergias inovadoras para o ensino e para a investigação.

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

The Master in Electrical and Computer Engineering (MEEC) is an inherently interdisciplinary course aimed at training technicians in the field of Electrical and Computer Engineering (EEC), with a curriculum structure aligned with the educational project of FCT NOVA, through the inclusion of a cross-curricular UC to the Faculty courses aimed at training in entrepreneurship, as well as the obligation of students to conduct a UC in an external area.

The strongly interdisciplinary character of the training, characteristic of all FCT NOVA courses, is supported by the compulsory choice of students from two scientific areas. The orientation of the curricular units, namely with regards to the acquisition of technical skills as well as interpersonal skills, aims to address not only the demands of the labour market, but also the pursuit of research and doctoral studies. These characteristics fit perfectly with the institution's mission and strategy, notably as a reference for research. This structure has proven to be fruitful in the recent past, duly demonstrated by the professional success and/or the pursuit of studies, of the students of the Integrated Master in Electrical and Computer Engineering (MIEEC) on which this study programme is based. Examples of these achievements are the high demand for students from the labour market, the relevant percentage of successful doctoral scholarships awarded by the Foundation for Science and Technology as well as the existence of scientific articles derived from work in the dissertation.

The internationalization aspect, also considered very relevant in terms of the institution, is achieved through student participation in the Erasmus program. This program has also been used to carry out the dissertation at the host university, providing a more scientific exchange than the simple acquisition of skills in curricular units.

The scientific quality of the study programme is supported by the research carried out in the Department of Electrical and Computer Engineering, and in the research centres where they operate, such as the Uninova Centre for Technology and Systems, or the Institute of Telecommunications. The partnerships that teachers involved in teaching have with companies and national and international research centres is also to be considered.

All these aspects prove the alignment between the MEEC and the mission defined in the FCT NOVA bylaws that aims at competitive, interdisciplinary research and teaching excellence, nationally and internationally competitive academic programs, as well as being an inter institutional framework to create innovative synergies for teaching and research.

4. Desenvolvimento curricular

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

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

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura:	Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:
--	--

<sem resposta>

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

Mapa II -

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

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

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
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores /	EEC	63	48	
Competências Complementares / Transferable Skills	CC	3	0	
Qualquer Área Científica / Any Scientific Area	QAC	0	6	
(3 Items)		66	54	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - 1.º Ano / 1st Year

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

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

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º Ano / 1st Year

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)
Unidade Curricular 1 da subárea científica A / Curricular Unit 1 of scientific subarea A	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	Para preencher as opções 1 a 6, terá de escolher somente 2 das 6 Subáreas disponíveis.
Unidade Curricular 2 da subárea científica A / Curricular Unit 2 of scientific subarea A	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	To fill options 1 to 6, students must choose only 2 of the 6 Subareas available.
Unidade Curricular 1 da subárea científica B / Curricular Unit 1 of scientific subarea B	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular 2 da subárea científica B / Curricular Unit 2 of scientific subarea B	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular do Bloco Livre B / Unrestricted Elective B	QAC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Gestão de Projeto de Eletrotecnia e Computadores / Electrical and Computers Project Management	EEC	Semestre 2/Semester2	84	T:28; PL:28	3	
Unidade Curricular 3 da subárea científica A / Curricular Unit 3 of scientific subarea A	EEC	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular 4 da subárea científica A / Curricular Unit 4 of scientific subarea A	EEC	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular 3 da subárea científica B / Curricular Unit 3 of scientific subarea B	EEC	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular 4 da subárea científica B / Curricular Unit 4 of scientific subarea B	EEC	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Empreendedorismo / Entrepreneurship	CC	Trimestre 2/Quarter2	80	TP:45	3	
(11 Items)						

Mapa III - - 2.º Ano / 2nd Year**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano / 2nd Year***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)
Preparação de Dissertação / Preparation for the Dissertation	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:4; OT:30	6	
Unidade Curricular 5 da subárea científica A / Curricular Unit 5 of scientific subarea A	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	Para preencher as opções 1 a 6, terá de escolher somente 2 das 6 Subáreas disponíveis.
Unidade Curricular 6 da subárea científica A / Curricular Unit 6 of scientific subarea A	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	To fill options 1 to 6, students must choose only 2 of the 6 Subareas available.
Unidade Curricular 5 da subárea científica B / Curricular Unit 5 of scientific subarea B	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Unidade Curricular 6 da subárea científica B / Curricular Unit 6 of scientific subarea B	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	
Dissertação em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores / Dissertation in Electrical and Computer Engineering (6 Items)	EEC	Semestre 2/Semester2	840	OT: 30	30	

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Controle e Decisão / 1st Year - Subarea Control and Decision**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Subárea Controle e Decisão / 1st Year - Subarea Control and Decision***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Controlo por Retroação de Estado / State Feedback Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Controlo Inteligente / Intelligent Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas de Decisão / Decision Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Tecnologia de Controlo / Control Technology (4 Items)	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Controle e Decisão / 2nd Year - Subarea Control and Decision**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano - Subárea Controle e Decisão / 2nd Year - Subarea Control and Decision***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)
Simulação de Sistemas / Systems Simulation	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Controlo em Sistemas Ciber-Físicos / Cyber-Physical Control Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Aplicações de Sinais / Signal Processing Applications (3 Items)	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP: 56	6	

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Eletrónica / 1st Year - Subarea Electronic**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Subárea Eletrónica / 1st Year - Subarea Electronic***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)
Nanocircuitos e Sistemas Analógicos / Nanocircuits and Analog Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Eletrónica para Micro-Sistemas / Electronics for Micro-systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Conversores de Sinal / Data Converters	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Eletrónica de Rádio Frequência / Radio-Frequency Electronics (4 Items)	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Eletrónica / 2nd Year - Subarea Electronic**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano - Subárea Eletrónica / 2nd Year - Subarea Electronic***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 Integrados Analógicos / Analog Integrated Circuits	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
EDA para Nanoeletrónica / EDA for	EEC	Semestre	168	TP:28; PL:28	6	

Nanoelectronics		1/Semester1			
Circuitos e Sistemas para Rádio Frequência / Circuits and Systems for Radio-Frequency	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6
Otimização e Síntese de Circuitos Integrados / Integrated Circuits Synthesis and Optimization	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6

(4 Items)

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Energia / 1st Year - Subarea Energy**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Subárea Energia / 1st Year - Subarea Energy***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica de Potência em Acionamentos / Power Electronics for Drives	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Redes Elétricas Inteligentes / Smart Grids	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Tecnologia das Energia Renováveis / Renewable Energy Technologies	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:56	6	
Tecnologia de Materiais para a Energia / Materials Technology for Energy	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Gestão de Energia Elétrica / Electrical Energy Management	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:56	6	
Alta Tensão / High Voltage	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	

(6 Items)

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Energia / 2nd Year - Subarea Energy**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano - Subárea Energia / 2nd Year - Subarea Energy***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)
Mobilidade Elétrica / Electrical Mobility	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Supercondutividade Aplicada a Sistemas de Energia Elétrica / Applied Superconductivity for Electrical Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	
Instalações Elétricas / Electrical Installations	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Economia e Mercados de Energia Elétrica / Economy and Electrical Energy Markets	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	

(4 Items)

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Robótica e Sistemas de Manufatura / 1st Year - Robotics and Manufacturing Systems**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Subárea Robótica e Sistemas de Manufatura / 1st Year - Robotics and Manufacturing Systems***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)
Supervisão Inteligente / Intelligent Supervision	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	
Robótica / Robotics	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas Robóticos e CIM / Robotic Systems and CIM	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas Distribuídos de Manufatura / Distributed Manufacturing Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	T:28; PL:28	6	
Integração de Sistemas Ciber-Físicos / Cyber-Physical Systems Integration	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Tecnologia de Jogos Digitais / Digital Games Technologies	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	

(6 Items)

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Robótica e Sistemas de Manufatura / 2nd Year - Robotics and Manufacturing Systems**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano - Subárea Robótica e Sistemas de Manufatura / 2nd Year - Robotics and Manufacturing Systems***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)
Empresas Virtuais / Virtual Enterprises	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Tele-Robótica e Sistemas Autónomos / Tele-Robotics and Autonomous Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas de Informação Multimédia / Multimedia Information Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	

(3 Items)

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Sistemas Digitais / 1st Year - Subarea Digital Systems**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Subárea Sistemas Digitais / 1st Year - Subarea Digital Systems*

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)
Conceção de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas Sensoriais / Sensorial Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas de Aquisição de Dados / Data Acquisition Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Desenvolvimento e Teste de Sistemas Digitais / Digital Systems Development and Testing	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	

(4 Items)

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Sistemas Digitais / 2nd Year - Subarea Digital Systems

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

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

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2.º Ano - Subárea Sistemas Digitais / 2nd Year - Subarea Digital Systems

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)
Perceção Sensorial / Sensorial Perception	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Arquiteturas para Integração de Sistemas / Architectures for Systems Integration	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Co-Design e Sistemas Reconfiguráveis / Co-design and Reconfigurable Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	
Descoberta de Conhecimento / Knowledge Discovery	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Tópicos Avançados de Processamento Digital de Imagem / Advanced Topics on Digital Image Processing	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Redes Neurais / Neural Networks	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; TP:28	6	

(6 Items)

Mapa III - - 1.º Ano - Subárea Telecomunicações / 1st Year - Subarea Telecommunications

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

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

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º Ano - Subárea Telecomunicações / 1st Year - Subarea Telecommunications

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)
Redes Integradas de Telecomunicações / Integrated Telecommunication Networks	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Comunicações sem Fios / Wireless Communications	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	

Redes Móveis / Mobile Networks	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6
Transmissão de Alta Capacidade / High Capacity Transmission	EEC	Semestre 2/Semester2	168	T:28; PL:28	6
Serviços e Aplicações em Redes / Network Services and Applications	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6

(5 Items)

Mapa III - - 2.º Ano - Subárea Telecomunicações / 2nd Year - Subarea Telecommunications

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

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

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2.º Ano - Subárea Telecomunicações / 2nd Year - Subarea Telecommunications

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)
Configuração e Gestão de Redes / Network Management and Configuration	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Sistemas MIMO / MIMO Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Temas Seleccionados em Telecomunicações / Selected Topics in Telecommunications	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP:28; PL:28	6	
Análise de Desempenho em Sistemas de Telecomunicações / Performance Analysis in Telecommunications Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	

(4 Items)

4.4. Unidades Curriculares

Mapa IV - Empreendedorismo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Empreendedorismo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Entrepreneurship

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

4.4.1.3. Duração:

Trimestral / Trimester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

80

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:45

4.4.1.6. ECTS:

3

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):

António Carlos Bárbara Grilo - TP:45

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

<sem resposta>

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

O curso pretende motivar os estudantes para o empreendedorismo e para a necessidade da inovação tecnológica. O programa cobre vários tópicos que são importantes para a adoção de uma cultura aberta aos riscos suscitados em processos de criação de novos produtos ou atividades que exigem características empreendedoras.

No final desta unidade curricular, os estudantes deverão ter desenvolvido um espírito empreendedor, uma atitude de trabalho em equipa e estar aptos a:

- 1) Identificar ideias e oportunidades para empreenderem novos projetos;*
- 2) Conhecer os aspetos técnicos e organizacionais inerentes ao lançamento dos projetos empreendedores;*
- 3) Compreender os desafios de implementação dos projetos (ex: mercado, financiamento, gestão da equipa) e encontrar os meios para os ultrapassar;*
- 4) Expor a sua ideia e convencer os stakeholders.*

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

This course is intended to motivate students for entrepreneurship and the need for technological innovation. It covers a list of topics and tools that are important for new venture creation as well as for the development of creative initiatives within existing enterprises. Students are expected to develop an entrepreneurship culture, including the following skills:

- 1) To identify ideas and opportunities to launch new projects;*
- 2) To get knowledge on how to deal with technical and organizational issues required to launch entrepreneurial projects;*
- 3) To understand the project implementation challenges, namely venture capital and teamwork management, and find the right tools to implement it;*
- 4) To show and explain ideas and to convince stakeholders.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O empreendedorismo como estratégia de desenvolvimento pessoal e organizacional. Processos de criação de ideias. A proteção da propriedade intelectual: patentes e formalismos técnicos. A gestão de um projeto de empreendedorismo: planeamento; comunicação e motivação; liderança e gestão de equipas Marketing e inovação para o desenvolvimento de novos produtos e negócios. O plano de negócios e o estudo técnico-financeiro. Financiamento e Sistemas de Incentivos: formalidades e formalismos. A gestão do crescimento e o intraempreendedorismo.

4.4.5. Syllabus:

Strategy for entrepreneurship. Ideation and processes for the creation of new ideas. Industrial property rights and protection: patents and technical formalities. Managing an entrepreneurial project: planning; communication and motivation; leadership and team work. Marketing and innovation for the development of new products and businesses. Business plan and entrepreneurial finance. System of Incentives for young entrepreneurs. Managing growth and intrapreneurship.

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

O conteúdo programático foi desenhado para incentivar o estudante ao empreendedorismo e à perceção e análise da envolvente em busca de oportunidades de negócio, de forma a que consiga aplicar os conhecimentos adquiridos:

- 1) na transformação de conhecimento científico em ideias de negócio;*
- 2) na criação, seleção e desenvolvimento de uma ideia para um novo produto ou serviço;*
- 3) na elaboração de um plano de negócio e de um plano de marketing;*
- 4) na exposição das suas ideias em curto tempo e em ambientes stressantes.*

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

The syllabus was designed to encourage the student for entrepreneurship and for the perception and analysis of new business opportunities; with this program, the student may apply the knowledge provided:

- 1) to transform scientific knowledge in business ideas;*
- 2) to create, select and develop an idea for a new product or service;*
- 3) to draw a business plan and a marketing plan;*
- 4) to better explain and present its ideas in a short time and stressed environments.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Este CE será ministrado a estudantes dos 4º ou 5º anos dos programas de Mestrado integrado e de 2º ciclo. O programa é dimensionado para decorrer entre o 1º e o 2º semestre, num período de 5 semanas, envolvendo um total

de 45 horas presenciais, organizadas em 15 sessões de 3 horas e exigindo um esforço global de 3 ECTS. As aulas presenciais baseiam-se na exposição dos conteúdos do programa. Os estudantes serão solicitados a aplicar as competências adquiridas através da criação e desenvolvimento de uma ideia (produto ou negócio). As aulas integrarão estudantes provenientes de diversos cursos com vista a promover a integração de conhecimento derivado de várias áreas científicas e envolverão professores e "mentores" com background diverso em engenharia, ciência, gestão e negócios. A avaliação compreende a apresentação e defesa da ideia num elevator pitch e do respetivo relatório (realizado em grupo de 4-5 elementos). A apresentação contribuirá com 60% e o relatório com 40% para a nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course is directed to students from the 4th and 5th years of the "Mestrado Integrado" (Integrated Master) and students from the 2nd cycle (Master). The program was designed for a duration of 5 weeks, with a total of 45 hours in class (15 sessions of 3 hours each) - 3 ECTS.

Classes are based in an exposition methodology. Students will be asked to apply their skills in the creation and development of an idea, regarding a new product or a new business. Classes integrate students from different study programs to promote the integration of knowledge derived from various scientific areas and involve academic staff and "mentors" with diverse background in engineering, science, management and business.

Students evaluation is based on the development and presentation of an idea/project in an elevator pitch, and its report. The work should be developed in teams of 4-5 members. The presentation should account for 60% of the final mark and the report 40%.

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

Considerando o tempo disponível (5 semanas), a metodologia de ensino preconiza que em cada semana sejam discutidos e trabalhados (em grupo) os temas apresentados, os quais tinham sido definidos nos objetivos de aprendizagem.

Na 1ª semana os temas a abordar estão relacionados com os aspetos estratégicos do empreendedorismo, a geração de ideias, a liderança e a gestão de equipas; como resultado os estudantes deverão constituir e organizar as suas equipas para poderem definir o problema que se pretende resolver. Na 2ª semana, os temas apresentados permitirão que o estudante possa evoluir no seu projeto acrescentando opções de soluções ao problema identificado na semana anterior e proceder à seleção de uma delas. Na 3ª semana, a abordagem ao mercado e às condições de comercialização viabilizarão a concretização do plano de marketing.

Na 4ª semana, abordar-se-ão os aspetos relacionados com a viabilidade financeira do projeto, possibilitando a realização do respetivo plano de negócio e do seu financiamento. Na última semana, abordar-se-á o processo de exposição da ideia aos potenciais interessados, tendo os estudantes que realizar a apresentação e defesa do seu projeto num elevator pitch, perante um júri.

Neste sentido, a metodologia privilegia

- 1) a apresentação de casos práticos e de sucesso;*
- 2) a promoção de competências nos domínios comportamentais, nomeadamente, no que respeita ao desenvolvimento do sentido crítico, à defesa de ideias e argumentos baseados em dados técnico-científicos, à tolerância e capacidade de gestão de conflitos em situações adversas e stressantes.*
- 3) a participação dos estudantes nos trabalhos colocados ao longo da unidade curricular e a sua apresentação.*

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

Considering the available time (5 weeks), the teaching methodology praises that, in each week, the subjects presented and defined in the learning objectives are discussed and worked (in groups). In the first week, the subjects introduced to students are related with entrepreneurial strategic issues, generation of ideas, leadership and work team management; as a result, the students will have to organize their teams to be able to define the problem. In the 2nd week, the subjects presented will allow the student to pursue its project; they have to consider different options for the problem identified in the previous week. In the 3rd week, the market related issues are approached, and the students are asked to build a marketing plan. In the 4th week, financial issues are addressed, making it possible to accomplish a business plan. In the last week, the process of how to expose the idea to potential stakeholders is addressed; the students are required to present and argue their project in an elevator pitch.

This methodology gives priority to:

- 1) the presentation of practical and successful cases;*
- 2) the promotion of soft skills, namely, in what concerns to the development of critical thinking, the defense of ideas and arguments based on technical-scientific data, to the tolerance and capacity of dealing with conflicts in adverse and stressful situations.*
- 3) the participation of the students in practical works and assessments and their presentation.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Books

- Burns, P. (2010). Entrepreneurship and Small Business: Start-up, Growth and Maturity, Palgrave Macmillan, 3rd Ed.*
Kotler, P. (2011). Marketing Management, Prentice-Hall
Shriberg, A. & Shriberg (2010). Practicing Leadership: Principles and Applications, John Wiley & Sons, 4th Ed.
Spinelli, S. & Rob Adams (2012). New Venture Creation: Entrepreneurship for the 21st Century. McGraw-Hill, 9th Ed.
Byers, Thomas H., Dorf R. C., Nelson, A. (2010). Technology Ventures: From Idea to Enterprise, 3rd Ed., McGraw-Hill
Hisrich, R. D. (2009). International Entrepreneurship: Starting, Developing, and Managing a Global Venture, Sage Publications, Inc
Hisrich, R.D., Peters, M. P., Shepherd, D.A. Entrepreneurship, 7th Ed., McGraw-Hill, 2007
Journals
Entrepreneurship Theory and Practice

Mapa IV - Preparação de Dissertação**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Preparação de Dissertação***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Preparation for the Dissertation***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:4; OT:30***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luis Filipe Lourenço Bernardo – T:1***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Nuno Filipe Silva Veríssimo Paulino – T:3**Todos os docentes da área do ciclo de estudos – OT:30***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A Preparação de Dissertação possibilita ao aluno aplicar de forma integrada as competências adquiridas, complementando-as através da realização de um trabalho de índole científica ou tecnológica. Esta unidade destina-se à preparação da realização do trabalho de I&D original e elaboração da Dissertação, pelo que, o principal objetivo é a realização com sucesso da Dissertação de Mestrado. Isto inclui o desenvolvimento de capacidade para a realização pesquisa bibliográfica, conducente à elaboração de um relatório contendo o estado da arte na área do trabalho a desenvolver, seguido de atividade de investigação, supervisionada pelo orientador e em autonomia, aplicando metodologias de investigação adequadas, e a capacidade de iniciar a realização um trabalho com significativo grau de originalidade.

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

The Preparation for dissertation allows students to apply the acquired skills, combining them in the development of work of scientific or technological nature. This unit is intended to carry out the preliminary work leading to the R&D work and preparation of an original thesis; This includes developing the capacity to perform bibliographic search and elaboration of a report on the state-of-the-art in area of the work to be developed. The student should then start developing the R&D work, both supervised by the advisor and in autonomy, applying appropriate research methodologies, and the ability to develop work with a significant degree of originality.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Nesta UC cada aluno deve realizar o seu trabalho de I&D de acordo com os objetivos que constam da proposta de dissertação, aprovada pela Comissão Científica do MIEEC. De forma geral, o trabalho desenvolvido pelos alunos pode ser enquadrado no seguinte conjunto de atividades:

- Realização de Pesquisa Bibliográfica*
- Elaboração de relatório com o estado da arte, no domínio o trabalho a desenvolver*
- Início do desenvolvimento do trabalho*

Para garantir que todos os alunos conseguem atingir os objetivos propostos para esta disciplina, existem 4 horas de aulas teóricas comuns a todos os alunos, em que serão apresentados e debatidos temas relevantes tais como:

- Pesquisa de informação científica
- Técnicas de escrita científica
- Plágio e direitos de autor
- Estrutura típica de uma Dissertação

Cada aluno individualmente terá 2 horas de contacto semanal com o seu orientador de dissertação em que serão discutidos em detalhe a elaboração do estado da arte e a planificação do trabalho futuro.

4.4.5. Syllabus:

In this unit each student must perform its R & D work in accordance with the objectives set out in the dissertation proposal, approved by MIEEC Scientific Committee. In general, the work performed by the students may be structured according to the following set of activities:

- Realization of the Bibliographic search
- Elaborate a report on the state-of the art
- Start developing the R&D work

In order to guaranty that all the students can achieve the proposed goals for this course, there are 4 hours of theoretical classes common to all the students, where relevant points will be presented and discussed:

Two hours weekly classes will be organized to present and discuss different subjects such as:

- Scientific information search
- Scientific writing
- Plagiarism and intellectual property
- Typical dissertation structure

Individually, each student will have 2 hours of contact with his thesis supervisor where the elaboration of the state of the art and the planning of future work will take place.

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

Face à especificidade desta unidade curricular, os conteúdos programáticos devem ser entendidos como um guia genérico das atividades a desenvolver pelo estudante em interação com o orientador. As atividades propostas e sua sequência são as típicas duma fase de desenvolvimento de trabalho de I&D. Os conteúdos concretos são, contudo, os associados às respetivas propostas de trabalho.

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

Given the specificity of this course, the syllabus should be understood as a generic guide to the activities to be undertaken by student interaction with the supervisor. The proposed activities and their sequence are typical of the development phase of R & D work. The actual subjects are, however, those associated with each work proposal.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As atividades previstas nesta unidade serão realizadas pelo aluno em interação direta com o seu supervisor e poderão incluir a frequência de seminários específicos. Frequentemente o trabalho é enquadrado por projetos de investigação. Ao longo deste semestre, a tempo parcial, os alunos devem iniciar a atividade de investigação e desenvolvimento. A avaliação é feita conjuntamente com a disciplina de Dissertação.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The activities performed within this unit will be undertaken by the student in direct interaction with the supervisor and may include the frequency of specific seminars. Often the work is framed by research projects. During this semester (part-time) students must start the original research and development work. The evaluation of this unit is made together with the evaluation of the Dissertation Unit.

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

Dada a natureza muito específica desta unidade curricular e seus objetivos, a metodologia de ensino tem um caráter de orientação tutorial, através da interação direta entre o orientador e o aluno e, fundamentalmente, a realização do trabalho de investigação. A maioria do esforço deve, contudo, ser realizada pelo aluno, nomeadamente na parte de investigação, validação de resultados e elaboração da dissertação. O esforço exigido é estimado em dois semestres (completado com a disciplina de Dissertação) com uma ocupação de 70% do tempo disponível. Em casos devidamente justificados e aprovados pela Comissão Científica do Mestrado, para além do orientador pode existir um coorientador.

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

Given the very specific nature of this course and its objectives, the teaching methodology has a character of tutorial guidance, through direct interaction between the tutor and the student, and ultimately the realization of the research work. Most of the effort, however, is to be performed by the student, particularly the research, validation of results and preparation of the dissertation. The effort required is estimated to be equivalent to two semesters (one for the Preparation of Dissertation and a second one for Dissertation) of work at 70% occupation. When duly justified and approved by the MEESC Scientific Committee, a co-mentor may be assigned in addition to the mentor.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A bibliografia a usar será função da temática a investigar e recomendada, caso a caso, pelos orientadores.

Bibliography to be used depends on the research topics and his mostly recommended by the supervisors on case-by-case basis.

Mapa IV - Dissertação em Engenharia Eletrotécnica e Computadores**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Dissertação em Engenharia Eletrotécnica e Computadores***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Dissertation in Electrical and Computer Engineering***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***840***4.4.1.5. Horas de contacto:***OT:30***4.4.1.6. ECTS:***30***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 Filipe Lourenço Bernardo - OT:30***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Nuno Filipe Silva Veríssimo Paulino - OT:30**Todos os docentes da área científica do Ciclo de Estudos - OT:30***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A Dissertação possibilita ao aluno aplicar de forma integrada as competências adquiridas, complementando as através da realização de um trabalho de índole científica ou tecnológica. Esta unidade destina-se à realização do trabalho de I&D original e elaboração da Dissertação, pelo que, o principal objetivo é a realização com sucesso da Dissertação de Mestrado. Isto inclui o desenvolvimento de capacidade para a realização de atividade de investigação, supervisionada pelo orientador e em autonomia, aplicando metodologias de investigação adequadas, e a capacidade de realizar um trabalho com significativo grau de originalidade. A publicação de resultados em conferências e revistas de qualidade é fortemente incentivada.

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

The dissertation allows students to apply the acquired skills, combining them in the development of work of scientific or technological nature. This unit is intended to carry out R&D work and preparation of an original thesis; therefore, the main objective is the successful completion of the Master's Thesis. This includes developing the capacity to conduct research activity, both supervised by the advisor and in autonomy, applying appropriate research methodologies, and the ability to develop work with a significant degree of originality. The publication of results at conferences and in quality technical journals is strongly encouraged.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Nesta unidade cada aluno deve realizar o seu trabalho de I&D de acordo com os objetivos que constam da proposta de dissertação, aprovada pela Comissão Científica do MIEEC. No geral, o trabalho desenvolvido pelos alunos pode ser estruturado de acordo com o seguinte conjunto de atividades:

- Realização do trabalho de investigação*
- Validação de resultados*
- Elaboração e defesa pública da Dissertação*

A divulgação de resultados em conferências científicas e em revistas da especialidade é incentivada.

4.4.5. Syllabus:

In this unit each student must perform its R & D work in accordance with the objectives set out in the dissertation proposal, approved by MEESC Scientific Committee. In general, the work performed by the students may be structured according to the following set of activities: • Realization of the research work. • Validation of results. • Preparation and public defense of the dissertation. The dissemination of results at scientific conferences and in technical journals is encouraged.

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

Face à especificidade desta unidade curricular, os conteúdos programáticos devem ser entendidos como um guia genérico das atividades a desenvolver pelo estudante em interação com o orientador. As atividades propostas e sua sequência são as típicas duma fase de desenvolvimento de trabalho de I&D. Os conteúdos concretos são, contudo, os associados às respetivas propostas de trabalho.

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

Given the specificity of this course, the syllabus should be understood as a generic guide to the activities to be undertaken by student interaction with the supervisor. The proposed activities and their sequence are typical of the development phase of R & D work. The actual subjects are, however, those associated with each work proposal.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As atividades previstas nesta unidade serão realizadas pelo aluno em interação direta com o seu supervisor e poderão incluir a frequência de seminários específicos. Frequentemente o trabalho é enquadrado por projetos de investigação. Ao longo deste semestre, a tempo parcial, os alunos devem complementar a atividade de investigação e desenvolvimento original, iniciada na disciplina de Preparação de Dissertação. A avaliação é baseada na elaboração e defesa pública da Dissertação. A fim de aumentar a visibilidade do trabalho, um dos fatores que contribuem para a avaliação é a preparação e publicação de artigos científicos. As provas de defesa da Dissertação são realizadas perante um júri de especialistas doutorados, composto por um mínimo de três elementos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The activities performed within this unit will be undertaken by the student in direct interaction with the supervisor and may include the frequency of specific seminars. Often the work is framed by research projects. During this semester (part-time) students must complement the original research and development work elaborated during the Preparation for Dissertation Unit.. The evaluation is based on the preparation and public defense of the dissertation. In order to increase the visibility of the work the preparation and publication of scientific articles is one of the factors considered during the assessment. The dissertation defense is conducted before a jury of PhD experts, composed of at least three elements.

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

Dada a natureza muito específica desta unidade curricular e seus objetivos, a metodologia de ensino tem um caráter de orientação tutorial, através da interação direta entre o orientador e o aluno e, fundamentalmente, a realização do trabalho de investigação. A maioria do esforço deve, contudo, ser realizada pelo aluno, nomeadamente na parte de investigação, validação de resultados e elaboração da dissertação. O esforço exigido é estimado em dois semestres (completado com a disciplina de Dissertação) com uma ocupação de 70% do tempo disponível. Em casos devidamente justificados e aprovados pela Comissão Científica do Mestrado, para além do orientador pode existir um coorientador.

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

Given the very specific nature of this course and its objectives, the teaching methodology has a character of tutorial guidance, through direct interaction between the tutor and the student, and ultimately the realization of the research work. Most of the effort, however, is to be performed by the student, particularly the research, validation of results and preparation of the dissertation. The effort required is estimated to be equivalent to two semesters (one for the Preparation of Dissertation and a second one for Dissertation) of work at 70% occupation. When duly justified and approved by the MEESC Scientific Committee, a co-mentor may be assigned in addition to the mentor.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A bibliografia a usar será função da temática a investigar e recomendada, caso a caso, pelos orientadores.

Bibliography to be used depends on the research topics and is mostly recommended by the supervisors on case-by-case basis.

Mapa IV - Controlo por Retroação de Estado**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Controlo por Retroação de Estado

4.4.1.1. Title of curricular unit:

State Feedback Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo José Carrilho de Sousa Gil (Regente) – TP:28; PL:56***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A unidade curricular (uc) promove aprendizagem de conceitos relativos à análise e projeto de sistemas de controlo no espaço de Estado, mais especificamente por retroação de variáveis de estado, focando ainda conceitos relativos aos sistemas dinâmicos não lineares. A uc contribui para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática destes tópicos, concretizada através da realização de trabalhos laboratoriais e resolução de exercícios. Nestes trabalhos os alunos, implementarão em Matlab as várias técnicas de controlo as quais são posteriormente testadas.

Saber: Modelação de sistemas dinâmicos; projeto de sistemas de controlo por retroação de estado; estimadores de estado; análise de sistemas dinâmicos não lineares.

Fazer: Concetualização de problemas de engenharia de controlo; implementação de algoritmos; aplicação de técnicas de controlo.

Competências transversais: Análise de requisitos e capacidade de abstração; trabalho colaborativo; capacidade de decisão.

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

In this course students are aimed to acquire theoretical and applied skills in continuous-time control systems, namely, dynamic systems analysis and state feedback control methodologies. Additionally, the concepts of nonlinearity are studied with emphasis on phase plane analysis and Lyapunov indirect method.

Knowledge: Dynamic systems modeling; State feedback control systems and state observers; Nonlinear systems analysis based on the Phase Plane and Lyapunov indirect method.

Know-how: Practical control problems conceptualization; Implementation of control algorithms using Matlab; Testing control techniques on laboratory setups.

Soft-Skills / Soft Skills: Requirement analysis and abstraction ability; Expectation management; Decision making skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Representação de Sistemas no Espaço de Estado: Espaço de Estado; Modelos no Espaço de Estado; Solução da Equação de Estado; Formas Canónicas e Transformações de Semelhança; Realizações de Ordem Mínima.

Projeto de Controladores e Observadores no Espaço de Estado: Projeto por colocação de Valores Próprios; Controlo de Seguimento; Estimador de Estado; Incorporação de Observador no Anel de Controlo.

Análise de Sistemas não-Lineares: Análise no Plano de Fase; Estabilidade no Sentido de Lyapunov.

Controlo Não-Linear: Geometria Diferencial e Topologias; Linearização Exacta Entrada-Estado.

4.4.5. Syllabus:

State Space Systems Description: State Space Concept; State Space Models; State Space Solution; Canonical Forms and Similarity Transformation; Minimal Order Realizations.

State Feedback Control and Observers Design: Eigenvalue Placement; State Space Tracking Control; Observer Design; Incorporation of Observers in the Control Loop;

Nonlinear Systems Analysis: Phase Plane; Lyapunov Stability Concept.

Nonlinear Control: Differential Geometry; State Feedback Linearization.

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

As aulas práticas possibilitam aos alunos aprofundar a sua capacidade de análise de problemas numa lógica que pretende privilegiar as suas competências específicas e num quadro de envolvimento como engenheiros de sistemas e controlo. Neste contexto, através de três trabalhos práticos, realizados em grupo, os alunos implementam as várias técnicas de controlo previamente estudadas nos módulos teórico-práticos, sendo estas posteriormente testadas não só por simulação em modelos como também em processos laboratoriais.

Estes trabalhos de grupo, com um número máximo de 2 elementos, pela sua natureza e complexidade, requerem por parte dos estudantes um grau de envolvimento, cooperação, coordenação e gestão de tempo. Tais requisitos irão reforçar a preparação dos alunos para vencerem os diversos desafios que encontrarão na sua vida profissional.

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

The lab classes enable students to develop critical analysis capabilities in approaching the proposed practical problems, using a framework intended to provide specific aptitudes, while developing skills as practitioners in the field of automatic control. By means of three lab works, carried out by each group comprising two students, they will implement the control techniques studied in theoretical classes either using processes models or laboratory processes.

Given their intrinsic features and complexity, these lab works call for each group commitment, coordination, engagement and time managing, which, as a whole, will definitely contribute to the preparation of students for their future professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas são expostos nas aulas teórico-práticas, complementados com problemas de aplicação. Nas aulas práticas os alunos implementarão as técnicas de controlo estudadas, através de trabalhos que se apresentam como mini-projetos.

A avaliação é feita através de 3 trabalhos realizados em grupos de dois alunos, complementados com 2 testes. A classificação final na unidade curricular é efectuada através da média ponderada da nota prática (NP), que nunca poderá ser inferior a 10 valores e a média das notas dos testes (NT), que deverá ser igualmente superior a 10 valores, adotando-se como coeficiente de ponderação 0,5, ou seja, $NF = 0,5 \cdot (NP + NT)$. São admitidos a exame todos aqueles que não obtiverem classificação final (NF) superior a 10 valores e tenham tido nota prática superior a 10 valores. A classificação final obtida através de exame (NE) contempla a ponderação com a nota dos trabalhos práticos, à semelhança dos testes, designadamente, $NF = 0,5 \cdot (NP + NE)$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques of the course are explained in theoretical-practical classes and are complemented with exercises. In the laboratory classes students implement studied techniques. In this context, students in groups of two have to carry out three lab works, under the form of mini projects.

Students are evaluated by means of three projects (lab works) and two tests. The final grade is obtained as a weighted summation of the mean of lab works grade (NP) and the mean of the tests grade (NT), namely, $NF = 0.5 \cdot (NP + NT)$. Both NP and NT must be greater than 10 (out of 20). Students are admitted to the final examination if $NF < 10$ and $NP > 10$, with the final grade after the final examination obtained according to: $NF = 0.5 \cdot (NP + NE)$. Students are succeeded in case the final grade is greater than 10, out of 20.

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

Nesta unidade curricular o método de ensino estimula o envolvimento do aluno desde o início da disciplina, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências continua. É com este objetivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspetos centrais aos conceitos lecionados. Para além dos conhecimentos e competências técnicas, a metodologia adotada pretende induzir o desenvolvimento de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémica.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação estão criadas condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, capacidade de abstração e generalização, em raciocínio matemático e crítico. Estas competências são ainda reforçadas pelos trabalhos práticos realizados em grupo propostos, os quais potenciam a instanciação dos conhecimentos em domínios específicos, para além de fomentarem a cooperação no seio do grupo trabalho, incluindo o reforço das capacidades de gestão de tempo e expectativas.

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

In this course, the teaching approach promotes the motivation of students and commitment, in order to achieve a continuous learning and acquisition of knowledge and competences. Having this in mind, students are asked to carry out laboratory work involving the interaction with didactic setups, which turns out to be an opportunity for solving practical problems.

The adopted teaching strategy intends to foster the acquisition of sounding instrumental, personal and systematic competences. With the knowledge and comprehension of lectured topics together with exercises, conditions are raised to develop competences in problem solving, capacity of abstraction and generalization, in applied scientific topics and critical reasoning, and, at an advanced level, in requirement analysis and synthesis. The latter competences are further developed through proposed lab works, which foster group cooperation, deadlines and expectations management among students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Sistemas de Controlo, Paulo Gil, 2015

Linear Systems, João P. Hespanha, Princeton University Press; 2 ed., 2018

Control System Design: An Introduction to State-Space Methods, Bernard Friedland, Dover Publications, 2005

Applied Nonlinear Control, J. Slotine & W. Li, Pearson, 1991

Mapa IV - Controlo Inteligente

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo Inteligente

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Intelligent Control

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo José Carrilho de Sousa Gil (Regente) – TP:28; PL:56

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

<sem resposta>

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

A UC incide sobre técnicas avançadas de controlo automático, designadamente, controlo adaptativo, identificação de sistemas dinâmicos, controlo neuronal e sistemas difusos, contribuindo para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática destes tópicos, através da realização de trabalhos laboratoriais. No decurso destes trabalhos os alunos desenvolverão em Matlab as várias técnicas estudadas, testando-as posteriormente em processos didáticos disponíveis.

Saber: Identificação e técnicas de controlo adaptativo por colocação de polos; Redes neuronais na identificação e controlo de sistemas dinâmicos não lineares; Lógica difusa e controlo difuso.

Fazer: Conceptualização de problemas de engenharia de controlo; Implementação de algoritmos de controlo; Aplicação de técnicas de controlo a processos didáticos.

Competências transversais: Análise de requisitos e capacidade de abstração de problemas; Trabalho colaborativo; Gestão de expectativas; Capacidade de decisão.

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

In this course students are aimed to acquire theoretical and applied skills in adaptive control, system identification, neural control techniques and fuzzy control.

Knowledge: System Identification and indirect adaptive control based on the pole placement techniques; Neural network in system identification and control of nonlinear systems; Fuzzy logic and fuzzy control.

Know-how: Practical control problems conceptualization; Implementation of control algorithms using Matlab or similar computational engine; Testing control techniques on laboratory setups.

Soft-Skills / Soft Skills: Requirement analysis and abstraction ability; Expectation management; Decision making skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares: Descrição do problema; Etapas do processo de identificação; Modelos lineares invariantes; Estimação de parâmetros: método dos mínimos quadráticos; Validação de modelos; Método dos mínimos quadráticos recursivos.

Controlo Adaptativo: Alguns modelos funcionais; Projeto por colocação de polos.

Redes Neuronais Artificiais: O neurónio como elemento base; Funções de activação; Redes neuronais proativas multicamada; Propriedades de aproximação; Treino supervisionado em redes multicamada; Generalização e validação; Arquiteturas de controlo neuronal.

Técnicas de Controlo Difuso: Fundamentos dos sistemas difusos; Difusificação de variáveis temporais; Inferência com variáveis linguísticas; Desdifusificação de variáveis linguísticas; Projeto de controladores difusos.

4.4.5. Syllabus:

Linear Systems Identification: Problem; The identification process; Linear time invariant models; Parameter estimation: least squares; Model validation; RLS.

Adaptive Control: Functional models; Pole placement.

Artificial Neural Networks: The neuron; Activation functions; Proactive multi-layer networks; Approximation properties; Supervised training in multi-layer networks; Generalization and validation; Neural control architectures.

Fuzzy Control: Fuzzy systems fundamentals; Defuzzification of variables; Inference with linguistic variables; Defuzzification of linguistic variables; Fuzzy control design.

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

As aulas práticas possibilitam aos alunos desenvolver a capacidade de analisar os problemas propostos numa lógica que pretende privilegiar as suas competências específicas e num quadro de envolvimento como engenheiros de sistemas e controlo. Neste contexto, através de três trabalhos práticos, em grupo, os alunos implementam as várias técnicas de controlo previamente estudadas nos módulos teórico-práticos, sendo estas posteriormente testadas não só por simulação em modelos como também em processos didáticos existentes.

Estes trabalhos de grupo, com um número máximo de 2 elementos, pela sua natureza e complexidade, requerem por parte dos alunos um grau de envolvimento, cooperação, coordenação e gestão de tempo. Tais requisitos reforçam a preparação dos alunos para vencerem os diversos desafios que encontrarão na sua vida profissional.

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

The lab classes enable students to develop critical analysis capabilities in approaching the proposed practical problems in a framework intending to provide specific competencies, while developing skills as practitioners in the field of automatic control. By means of three lab works carried out by each group comprising two students they

implement the control techniques studied in theoretical classes either using processes models or laboratory processes.

Given their intrinsic features and complexity these lab works call for each group commitment, coordination, engagement and time managing, which, as a whole, will definitely contribute to the preparation of students for their future professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas são expostos nas aulas teórico-práticas, complementados com problemas de aplicação. Nas aulas práticas os alunos implementarão as técnicas de controlo estudadas, através de trabalhos que se apresentam como mini-projetos. A avaliação é feita através de 3 trabalhos realizados em grupos de dois alunos, complementados com 2 testes. A classificação final na unidade curricular é efetuada através da média ponderada da nota prática (NP), que nunca poderá ser inferior a 10 valores e a média das notas dos testes (NT), que deverá ser igualmente superior a 10 valores, adotando-se como coeficiente de ponderação 0,5, ou seja, $NF = 0,5(NP+NT)$. São admitidos a exame todos aqueles que não obtiverem classificação final (NF) superior a 10 valores e tenham tido nota prática superior a 10 valores. A classificação final obtida através de exame (NE) contempla a ponderação com a nota dos trabalhos práticos, à semelhança dos testes, designadamente, $NF = 0,5*(NP+NE)$*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques of the course are explained in theoretical-practical classes and are complemented with exercises. In the laboratory classes students implement studied techniques. In this context, students in groups of two have to carry out three lab works, under the form of mini projects. Students are evaluated by means of three projects (lab-works) and two tests. The final grade is obtained as a weighted summation of the mean of lab works grade (NP) and the mean of the tests grade (NT), namely, $NF = 0.5(NP+NT)$. Both NP and NT must be greater than 10 (out of 20). Students are admitted to the final examination if $NF < 10$ and $NP > 10$, with the final grade after the final examination obtained according to: $NF = 0.5*(NP+NE)$. Students are succeeded in case the final grade is greater than 10, out of 20.*

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

Nesta disciplina o método de ensino fomenta o envolvimento do aluno desde o início da unidade curricular, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências continua. É com este objetivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspetos centrais aos conceitos lecionados. Para além dos conhecimentos e competências técnicas a metodologia adotada pretende induzir o desenvolvimento de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémica. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas em paralelo com a realização de exercícios de aplicação estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, capacidade de abstração e generalização, em raciocínio matemático e crítico. Estas competências são ainda reforçadas pelos trabalhos práticos realizados em grupo, os quais potenciam a instanciação dos conhecimentos em domínios específicos, para além de fomentarem a cooperação no seio do grupo trabalho, incluindo o reforço das capacidades de gestão de tempo e expectativas, por parte dos alunos.

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

In this course the teaching approach promotes motivation of students and commitment in order to achieve a continuous learning and acquisition of knowledge and competences. Having this in mind, students are asked to carry out laboratory work involving the interaction with didactic setups, which turns out to be an experience opportunity for solving practical problems. The adopted teaching strategy intends to foster the acquisition of sounding instrumental, personal and systematic competences. With the knowledge and comprehension of lectured topics together with solving exercises, they are created the required conditions for developing competences in problem conceptualization, capacity of abstraction and generalization, in applied scientific topics and critical reasoning, and, at an advanced level, in requirement analysis and synthesis. The latter competences are further developed through lab works, which foster group cooperation and deadlines and expectations management among students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*System Identification, Lennart Ljung, Prentice Hall; 2 edition (January 8, 1999)
System Identification: An Introduction, Karel J. Keesman, Springer; 2011 edition (May 25 2011)
A First Course in Fuzzy and Neural Control, Hung T. Nguyen, et al., Chapman and Hall/CRC; 1 edition (November 12, 2002)
Identificação e Controlo Adaptativo, Paulo Gil, 2002*

Mapa IV - Sistemas de Decisão**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Sistemas de Decisão***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Decision Systems***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Bruno João Nogueira Guerreiro (Regente) - TP:28; PL:56***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina promove aprendizagem de conceitos relativos às técnicas avançadas de controlo, destacando-se o controlo ótimo polinomial e no espaço de Estado, os modelos de decisão e controlo manual. Para além dos aspetos teóricos, a disciplina contribui para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática, sendo esta concretizada através da realização de trabalhos experimentais.

Saber:

- Controlo ótimo polinomial;*
- Controlo ótimo no espaço de estado;*
- Modelos cognitivos de decisão e controlo manual;*
- Técnicas de otimização global.*

Fazer:

- Conceptualização de problemas de controlo;*
- Implementação de algoritmos de controlo;*
- Aplicação de técnicas de controlo a processos;*
- Uso de técnicas de otimização global para identificação e ajuste de parâmetros.*

Competências transversais:

- Análise de requisitos e capacidade de abstração de problemas;*
- Trabalho colaborativo;*
- Gestão de expectativas;*
- Capacidade de decisão.*

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

In this course, students will learn theoretical and applied skills in polynomial optimal control, optimal control in state-space, human factors and cognition, human in the loop/manual control. This course will also foster practical application know-how, as there is an important component of the evaluation that is focused in practical experiments.

Knowledge:

- *Polynomial optimal control;*
- *Optimal control in state-space;*
- *Cognitive decision models and manual control;*
- *Global optimization techniques.*

Know-how:

- *Practical control problems conceptualization;*
- *Implementation of control algorithms using Matlab;*
- *Testing control techniques on several laboratory setups;*
- *Use global optimization techniques to identify and adjust parameters.*

Soft-Skills:

- *Requirement analysis and abstraction ability;*
- *Team work;*
- *Expectation management;*
- *Decision making skills*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I:

1. *Controlo ótimo para sistemas polinomiais de tempo discreto*
2. *Filtro de Kalman em tempo discreto*
3. *Controlo ótimo para sistemas em espaço de estados de tempo discreto*

Parte II:

4. *Controlo por operador humano*
5. *Técnicas de otimização global*

4.4.5. Syllabus:

Part I:

1. *Optimal control for discrete-time polynomial systems*
2. *Discrete-time Kalman filter*
3. *Optimal control for discrete-time state-space systems*

Part II:

4. *Human-in-the-loop control*
5. *Global optimization techniques*

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

Os conteúdos assentam numa base de conhecimentos de teoria de controlo e de conceitos básicos de otimização, levando os alunos a compreender como desenhar controladores ótimos segundo um determinado índice de desempenho, a considerar os efeitos do controlo manual no desenho de sistemas de controlo, e a entender como utilizar técnicas de otimização global para apoio ao desenho de sistemas de decisão e controlo.

Os temas estão organizados de modo a que a transição entre capítulos surja de forma natural, permitindo explorar elementos comuns entre capítulos sucessivos, o que proporciona uma aprendizagem progressiva dos novos conceitos. Por outro lado, o encadeamento dos temas tem também em conta bem como que os conhecimentos necessários à realização dos trabalhos práticos.

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

The syllabus builds on a foundation of control theory and basic concepts of optimization, leading students to understand how to design controllers that are optimal according to a given performance index, to consider the effects of manual control on control system design, and to understand how to use global optimization techniques in the design of decision and control systems.

The syllabus is organized so that the transition between chapters comes naturally, allowing to explore common elements and a progressive understanding of new concepts. On the other hand, the organization also takes into account the subjects necessary to carry out the practical assignments.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina está organizada em aulas teórico-práticas e aulas de laboratório. Nas aulas teórico-práticas são introduzidos os conceitos e aplicados em casos concretos de um ponto de vista analítico. Em complemento, as aulas laboratoriais, são direcionadas para o desenvolvimento das técnicas abordadas, aplicadas a casos concretos, tendo em vista o seu teste experimental e análise. Serão feitos pequenos questionários (presencialmente ou online), normalmente a respeito de conceitos dados anteriormente, consolidados em estudo autónomo. Alguns desses questionários poderão abordar novos temas, onde os alunos preparam em auto-estudo esses temas, consolidados depois em aula (método "flipped classroom").

A nota final (NF) é calculada usando $NF = 0,5 \cdot T + 0,1 \cdot Q + 0,4 \cdot P$, onde:

- *Componente teórica (T): máximo entre a média dos 2 testes e o exame;*
- *Questionários (Q): média de todos os questionários;*

- *Componente de prática (P): média dos trabalhos práticos (média mínima de 10/20 valores).*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is organized in theoretical-practical classes and laboratory classes. In the theoretical-practical classes the concepts are introduced and applied in concrete cases from an analytical point of view. In addition, the laboratory classes are directed to the development of the addressed techniques, applied to concrete cases, with the goal to obtain experimental results and their analysis. Short quizzes will be given online or in class, usually focusing on concepts already addressed, consolidated in self-study. Some of these quizzes may address new topics, so that students can prepare these themes by themselves, and consolidate them during classes (flipped classroom method).

The final grade (FG) is defined as $FG = 0.5 \cdot T + 0.1 \cdot Q + 0.4 \cdot P$, where:

- *Theoretical component (T): maximum between the average of the 2 tests and the exam;*
- *Quizzes component (Q): average of the quizzes;*
- *Practical component (P): average of practical works (minimum average of 10/20).*

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

A disciplina pretende assegurar aos alunos a compreensão e a capacidade de usar, de projetar e analisar um conjunto de ferramentas analíticas essenciais à atividade em engenharia eletrotécnica e de computadores, em que muitas vezes não basta resolver um problema, mas sim achar a melhor solução de acordo com certos critérios de desempenho. Pretende-se também que os alunos dominem as principais ferramentas computacionais usadas no desenho, análise e implementação de sistemas de decisão e controlo.

O principal método de ensino sustenta-se numa abordagem construtiva, utilizando recursivamente conceitos já adquiridos para levar os alunos a novos conhecimentos. A motivação para abordar novos conceitos surge da confrontação com problemas que exigem novas abordagens e conhecimentos, sendo que, pontualmente, estratégias de aprendizagem ativa, como a flipped classroom, poderão ser utilizadas.

No âmbito dos trabalhos práticos e de laboratório, a metodologia de ensino inclui componentes de métodos baseados em problemas, onde os alunos são orientados pelo docente não só a aplicar conceitos abordados nas aulas teórico-práticas, mas também a adquirirem novos conhecimentos necessários para a resolução dos problemas em mãos. Esta atividade promove a autonomia no estudo e na aplicação dos conceitos, o trabalho em equipa, mas também o reforço das competências analíticas.

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

(max 3000 caracteres com espaços incluídos)

The course promotes the understanding and the ability to use, design and analyze a set of analytical tools essential to the activity in electrical and computer engineering, where often it is not enough to solve a problem but rather find the best solution according to a given performance criteria. It also leads students to master the main computational tools used in the design, analysis, and implementation of decision and control systems.

The main teaching method is based on a constructive approach, recursively using known concepts to lead students into new knowledge. The motivation to approach new concepts comes from the confrontation with problems that require new approaches and knowledge, and occasionally active learning strategies, such as the flipped classroom, may be used.

Regarding practical and laboratory work, the teaching methodology includes components of problem-based learning, where the teacher guides and advises the students not only to apply concepts covered in theoretical-practical classes, but also to acquire new knowledge needed for solving the problems at hand. This activity promotes teamwork, autonomy in study and in applying new concepts, but also strengthens the student analytical skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Optimal Control, Lewis and Syrmos, 1995.*
- *Optimal Filtering, B.D. Anderson J.B. and Moore, Dover Publications, 2012.*
- *Introduction to evolutionary computing, Agoston E. Eiben and James E. Smith, Springer, 2015.*
- *Advances in bio-inspired computing for combinatorial optimization problems, Camelia-Mihaela Pinte, Springer, 2014.*

Material da disciplina:

- *Slides das aulas teóricas, Bruno Guerreiro, 2019. (em Inglês)*
- *Exercise sheet with selected solutions, Bruno Guerreiro, 2019. (em Inglês)*
- *Controlo ótimo polinomial, Paulo Gil, UNL, 2017.*
- *Filtro de Kalman discreto, Paulo Gil, UNL, 2002.*
- *Controlo ótimo discreto, Paulo Gil, UNL, 2002.*
- *Introdução às Técnicas de Computação Evolutivas, Paulo Gil e Fábio Januário, UNL, 2018.*

Bibliografia Complementar:

- *Enunciados dos trabalhos de laboratório, Bruno Guerreiro, 2019. (em Inglês)*
- *Convex Optimization, Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe, Springer, 2006.*
- *Numerical Optimization, Jorge Nocedal and Stephen Wright, Springer, 2006.*

Mapa IV - Tecnologia de Controlo**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Tecnologia de Controlo***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Control Technology***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:****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 Figueira Brito Palma – TP:28; PL:56***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A unidade curricular (UC) promove aprendizagem de técnicas avançadas de automação e controlo. A UC contribui também para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática destas técnicas, através da realização de trabalhos laboratoriais.

Saber: a) Tecnologias de controlo pneumático, eletropneumático e eletromagnético; b) Programação de PLC's em 5 linguagens IEC: LD, IL, SFC, FBD e ST; c) Controlo PID com PLC's; d) Controlo de velocidade de máquinas elétricas DC e AC; e) Redes industriais de comunicação e sistemas SCADA de supervisão.

Fazer: a) Concetualização de problemas; b) Implementação de algoritmos de controlo, com tecnologias cabladas e programadas; c) Aplicação de técnicas de automação, controlo e supervisão a processos didáticos e reais.

Competências transversais: a) Análise de requisitos, definição de especificações, capacidade de abstração e projeto de sistemas; b) Trabalho colaborativo; c) Capacidade de decisão.

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

The course unit (UC) promotes the learning of advanced automation and control techniques. The UC also contributes to the acquisition of skills in terms of the practical application of these techniques, through laboratory work.

Knowledge: a) Pneumatic, electropneumatic and electromagnetic control technologies; b) PLC programming in 5 IEC languages: LD, IL, SFC, FBD and ST; c) PID control with PLC's; d) Speed control of DC and AC electrical machines; e) Industrial communication networks and SCADA supervisory systems.

Skills: a) Conceptualization of problems; b) Implementation of control algorithms, with cabled technologies and programs; c) Application of automation, control and supervision techniques for didactic and real processes.

Competences: a) Requirements analysis, definition of specifications, abstraction capacity and systems design; b) Collaborative work; c) Decision making ability.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução à UC Sistemas dinâmicos, sensores e atuadores. Especificações e projeto de sistemas de automação e controlo.*
2. *Sistemas digitais. Álgebra de Boole. Autómatas Finitos. Grafcet e Gemma.*
3. *Lógica cablada e lógica programada.*
4. *Tecnologia de controlo pneumático.*
5. *Tecnologia de controlo electromagnético. Tecnologia de controlo electropneumático.*
6. *Controladores lógicos programáveis: hardware e software. As cinco linguagens de programação de acordo com a norma IEC 61131-3. A linguagem "Ladder"*
7. *A linguagem "Instruction List"*
8. *A linguagem "Sequential Function Chart". A linguagem "Function Block Diagram" (FBD).*
9. *A linguagem "Structured Text"*
10. *Implementação de controladores PID utilizando a linguagem ST.*
11. *Controlo de velocidade de máquinas eléctricas DC e AC. Variadores de velocidade.*
12. *Protocolos de comunicação industriais em redes: Modbus, CanOpen, Ethernet TCP-IP, Profinet, etc.*
13. *Sistemas de supervisão SCADA.*
14. *Introdução à Programação em Labview. Aplicação em sistemas SCADA.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to the course unit. Dynamic systems, sensors and actuators. Specifications and design of automation and control systems.*
2. *Digital Systems. Boolean Algebra. Finite automata. Grafcet and Gemma.*
3. *Wired logic and programmed logic.*
4. *Pneumatic control technology.*
5. *Electromagnetic control technology. Electropneumatic control technology.*
6. *Programmable logic controllers: hardware and software. The five programming languages according to the standard IEC 61131-3. The "Ladder" language .*
7. *The "Instruction List" (IL) language.*
8. *The Sequential Function Chart (SFC) language. The "Function Block Diagram" (FBD) language.*
9. *The "Structured Text" (ST) language.*
10. *Implementation of PID controllers using the ST language.*
11. *Speed control of DC and AC electric machines. Speed variators.*
12. *Industrial network communication protocols: Modbus, CanOpen, Ethernet TCP-IP, Profinet, etc.*
13. *SCADA supervision systems.*
14. *Introduction to Labview Programming. Application in SCADA systems.*

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

Ao longo da unidade curricular (UC) são introduzidas tecnologias para conceção e implementação de sistemas de automação e controlo. Os temas abordados permitem ao estudante atuar num elevado número de situações práticas. A UC está estruturada numa perspetiva de integração e complementaridade.

A comparação das diferentes tecnologias visa a aplicação da solução mais adequada a cada situação, assim como o desenvolvimento de soluções híbridas. Esta característica de integração estende-se a competências adquiridas ao longo de toda a formação dos estudantes incluindo conhecimentos de programação, instrumentação, sistemas de controlo e automação, comunicações e acionamentos elétricos.

Nas aulas teórico-práticas são apresentados os aspetos tecnológicos fundamentais e analisados casos estudados de complexidade crescente. As aulas práticas visam o estudo de problemas propostos, o desenvolvimento de soluções, o teste em simuladores e a sua implementação em sistemas reais.

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

Throughout the course unit (UC) technologies are introduced for the design and implementation of automation and control systems. The topics covered allow the student to act in a high number of practical situations. The UC is structured in a perspective of integration and complementarity.

The comparison of the different technologies aims to apply the most appropriate solution to each situation, as well as the development of hybrid solutions. This integration characteristic extends to skills acquired throughout the students' training including knowledge of programming, instrumentation, control and automation systems, communications and electrical drives.

In the theoretical-practical classes the fundamental technological aspects are presented and analyzed cases of increasing complexity. Practical classes aim to study proposed problems, develop solutions, test in simulators and implement them in real systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teórico-práticas são apresentados os aspetos tecnológicos fundamentais e analisados casos estudados de complexidade crescente. A participação dos estudantes nos estudos de casos é essencial.

Nas aulas práticas são estudados um conjunto de problemas propostos, são desenvolvidas e implementadas soluções.

Ao longo da unidade curricular os estudantes são confrontados com um conjunto de problemas para avaliação. Os estudantes desenvolvem e implementam a solução. Para cada trabalho laboratorial, constituído por um conjunto de problemas, é elaborado um relatório para avaliação. Os estudantes são avaliados individualmente, e oralmente, sobre cada trabalho laboratorial realizado em grupo de no máximo três estudantes. Para obtenção de frequência cada estudante terá de frequentar no mínimo 67% das aulas práticas. A classificação final é o resultado da média aritmética das classificações de três trabalhos laboratoriais.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the theoretical-practical classes are presented the fundamental technological aspects and analyzed cases of increasing complexity. Student participation in case studies is essential. In practical classes are studied a set of proposed problems, are developed and implemented solutions. Throughout the course students are confronted with a set of problems for evaluation. Students develop and implement the solution. For each laboratory work, consisting of a set of problems, a report is prepared for evaluation. Students are assessed individually and orally on each laboratory work carried out in a group of a maximum of three students. To obtain attendance each student will have to attend at least 67% of the practical classes. The final classification is the result of the arithmetic average of the classifications of three laboratory works.

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

O objetivo fundamental proposto para a unidade curricular é o desenvolvimento de competências específicas para conceção de sistemas de Automação, Controlo e Supervisão para instalações industriais. Esta capacidade é alcançada através da combinação de novos saberes, introduzidos pela unidade curricular, com um conjunto alargado de competências anteriormente adquiridas pelos estudantes ao longo da sua formação. A consolidação dos novos conhecimentos e capacidades, assim como a sua integração com conhecimentos anteriores, é conseguido através de um conjunto de atividades práticas de complexidade crescente. Os seguintes aspetos de funcionamento da unidade curricular contribuem para o desenvolvimento de novas competências:

- os estudantes trabalham com elevado grau de autonomia;*
- durante as aulas, e fora delas, é promovida a discussão de alternativas e de novos pontos de vista na análise dos problemas;*
- o desenvolvimento de soluções originais é essencial;*
- a conclusão de um trabalho laboratorial corresponde à realização de vários protótipos em funcionamento.*

Estas práticas contribuem para o desenvolvimento de autonomia, capacidade de trabalho em grupo e de análise de problemas reais.

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

The fundamental objective proposed for the course unit is the development of specific competences for design of automation, control and supervision systems for industrial plants. This capacity is reached by combining new knowledge introduced by the course unit with a broad set of skills previously acquired by students during their training. The consolidation of new knowledge and skills as well as their integration with previous knowledge, is achieved through a set of practical activities of increasing complexity. The following aspects of the course's functioning contribute to the development of new skills:

- students work with a high degree of autonomy;*
- during and outside classes, discussion of alternatives and new points of view in the analysis of problems is promoted;*
- the development of original solutions is essential;*
- the completion of a laboratory work corresponds to the realization of several working prototypes.*

These practices contribute to the development of autonomy, ability to work in group and to real problem analysis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*L. Brito Palma (2019), "Automação Industrial", Universidade Nova de Lisboa - FCT – DEEC.
National Instruments Corporation (2019), "LabVIEW Basics I – Course Manual".
National Instruments Corporation (2019), "LabVIEW Basics II – Course Manual".
F. Vieira Coito (2012), "Introdução à Programação em LabVIEW", Universidade Nova de Lisboa - FCT - DEEC.
J. Norberto Pires (2012), "Automação Industrial", Edições ETEP - Portugal.
E. Mandado Pérez, J. Acevedo, C. Silva, J. Quiroga (2009), "Autómatas Programables Y Sistemas de Automatización", Ediciones Técnicas Marcombo - Spain.
R. Bitter, T. Mohiuddin, M. Nawrocki (2007), "Labview Advanced Programming Techniques", CRC Press.
J. Caldas Pinto (2004), "Técnicas de Automação", Edições ETEP - Portugal.
A. Francisco (2003), "Autómatos Programáveis", Edições ETEP – Portugal.
J. Stenerson (2003), "Industrial Automation and Process Control", Prentice Hall.
A. Parr (1999), "Industrial Control Handbook", Newnes.*

Mapa IV - Simulação de Sistemas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Simulação de Sistemas***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Systems Simulation***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rui Alexandre Nunes Neves da Silva (Regente) – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O estudante que frequente esta disciplina com sucesso deverá ficar a compreender os seguintes conceitos:*

- *O que é um sistema dinâmico;*
- *Como abordar o problema de elaborar um modelo matemático representativo do comportamento do sistema dinâmico;*
- *Como realizar uma simulação em computador que replique o comportamento do sistema modelado.*

Tópicos:

- *Modelação de sistemas físicos;*
- *Modelação em tempo contínuo;*
- *Modelação em tempo discreto;*
- *Modelação baseada em eventos;*
- *Modelação baseada em agentes;*
- *Simulação do comportamento humano;*
- *Sistemas distribuídos e CFD*
- *Co-simulação*
- *Simulação real-time*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The student attending these classes with success should understand the following concepts:*

- *What is a dynamic system;*
- *How to approach the problem of developing a mathematical model representing the dynamic system behavior;*
- *How to develop a computer simulation that replicates the behavior of the modelled system.*

Topics:

- *Physical systems modelling;*
- *Continuous time modelling;*
- *Discrete-time modelling;*
- *Event-based modelling;*
- *Agent-based modelling;*
- *Human-in-the-loop simulation;*

- *Distributed systems and CFD;*
- *Co-simulation*
- *Real-time simulation;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução à modelação e simulação de sistemas;*
- *Modelação de sistemas físicos;*
- *Modelação em tempo contínuo;*
- *Modelação em tempo discreto;*
- *Modelação baseada em eventos;*
- *Modelação baseada em agentes;*
- *Simulação do comportamento humano;*
- *Exemplos de projetos;*
- *Sistemas distribuídos e CFD*
- *Tópicos avançados: co-simulação e simulação real-time*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction to m&s*
- *Physical systems modelling;*
- *Continuous time modelling;*
- *Discrete-time modelling;*
- *Event-based modelling;*
- *Agent-based modelling;*
- *Human-in-the-loop simulation;*
- *Examples of projects;*
- *Distributed systems and CFD;*
- *Advanced topics: co-sim and real-time sim*

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

A sequência de conteúdos programáticos segue uma linha lógica muito direta, que se pode dividir nas seguintes fases:

1. *Desenvolvimento de um modelo da instalação a partir da física/racional do problema;*
2. *Desenvolvimento do simulador a partir do modelo.*

Os alunos apreendem num semestre um conjunto de ferramentas que lhe permitem passar do problema original a um simulador funcional.

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

The syllabus sequence follows a very direct logical line, that can be divided in the following stages:

1. *Development of a mathematical model of the plant;*
2. *Implementation of the model in a computer simulation.*

The students learn in a semester a set of practical tools on how to go from the original problem to a functional simulator.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os métodos de ensino serão predominantemente expositórios com a resolução de problemas sob orientação do professor. Quanto à exposição teórica far-se-á prevalecer uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta. A transformação dos conceitos em ferramentas de trabalho será atingida pelo incentivo ao trabalho pessoal. O ensino da unidade curricular é complementado pelos períodos de trabalho laboratorial para o desenvolvimento de projetos individuais ou em grupo.

A aprovação nesta unidade curricular exige classificação de pelo menos 10 valores (em 20). Os estudantes que realizem o projeto ao longo do semestre podem dispensar de exame. Os restantes estudantes fazem exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methods will be predominantly expository aimed at solving problems under the guidance of the lecturer. Theoretical exposition will prevail a strong interaction between the concepts and their concrete application. The transformation of concepts into work tools will be achieved by encouraging personal work. The teaching of the curricular unit is complemented by the laboratory work periods for the development of individual or group projects. Approval in this course unit requires a rating of at least 10 (out of 20).

Students who develop the project throughout the semester can dismiss the exam. The remaining students take final examination.

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

As aulas TP são predominantemente expositórias, com o objetivo de ensinar aos estudantes os conceitos principais da Teoria de Controlo e a sua aplicação. Nas aulas teórico-práticas os estudantes resolvem problemas concretos que lhes permitem aplicar os conhecimentos adquiridos.

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

Theoretical classes are predominantly expository, with the objective of teaching students the main concepts of Control Theory and its application. In the theoretical-practical classes the students solve concrete problems that allow them to

apply the acquired knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

R. Neves-Silva, Folhas da disciplina, FCT/UNL

Mapa IV - Controlo em Sistemas Ciber-Físicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Controlo em Sistemas Ciber-Físicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Cyber-Physical Control Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Fernando Coito – TP:14; PL:14

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

Paulo José Carrilho de Sousa Gil – TP:14; PL:14

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

O Controlo em Sistemas Ciber-Físicos é um campo multidisciplinar no qual teorias e metodologias existentes são aplicadas para controlar sistemas ciber-físicos a diferentes níveis, desde a deteção e atuação de baixo nível até à coordenação global de sistemas de grande dimensão.

No final desta unidade curricular, o estudante terá adquirido os conhecimentos, capacidades e competências que lhe permitem:

- Entender os conceitos fundamentais relativos ao comportamento dinâmico e controlo dos sistemas lineares e não lineares MIMO.*
- Ser capaz de desenvolver modelos dinâmicos para a análise e projeto de controlo em Sistemas Ciber-Físicos.*
- Ser capaz de projetar e implementar sistemas de controlo descentralizado, suportados em redes de comunicação.*

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

Cyber Physical Control is a multidisciplinary field in which existing theories and methodologies are applied to control Cyber-Physical Systems at different levels from low-level sensing and actuation to system-level coordination.

At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences allowing him to:

- Understand the fundamental concepts on MIMO nonlinear systems dynamics and control.*
- Be able to develop dynamic models for the analysis and design of Cyber Physical Control systems.*
- Be able to design and implement decentralized and networked control systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Modelação de sistemas complexos não lineares
- Redução de complexidade de sistemas
- Projeto de sistemas de controlo MIMO com restrições
- Controlo descentralizado de sistemas MIMO
- Modelação e implementação de sistemas de controlo suportados em redes de comunicação

4.4.5. Syllabus:

- Modeling of complex nonlinear systems
- Complexity reduction
- Control design for constrained MIMO plants
- Decentralized control of MIMO systems
- Modeling and implementation of networked control systems

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

A implementação de metodologias de controlo para Sistemas Ciber-Físicos exige que o projetista entenda quer o funcionamento do sistema e o seu comportamento, como também o modo como as interconexões e interações existentes entre o sistema e os seus vizinhos afetam esse comportamento.

Com isso em mente, as capacidades e competências que se pretende que os estudantes adquiram, são abordadas por um ou mais capítulos do Programa.

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

The implementation of control methodologies for Cyber Physical Systems requires the designer to be able to understand the system and its behavior, as well as the effects of the existing interconnections and interactions with its neighbors.

With this in mind each of the skills and competences to be acquired is addressed by one or more chapters of the Syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teórico-práticas, os estudantes aprendem os fundamentos de cada capítulo da matéria e como aplicá-los. O desenvolvimento de exemplos de aplicação é usado para melhorar a compreensão dos conceitos.

Nas aulas de laboratório, os estudantes trabalham em vários casos de estudo que visam desenvolver tanto competências de projeto como de implementação prática.

O ensino está organizado de modo que as aulas TP e PL formam uma unidade, onde as ferramentas teóricas e analíticas introduzidas numa aula são colocadas em prática na outra.

A avaliação visa tanto a compreensão dos conceitos fundamentais – em 2 testes escritos - e as competências de projeto e implementação - 4 trabalhos práticos curtos e um projeto final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

On Theoretical-Practice classes students get acquainted with the fundamentals on each chapter and how to apply them. The development of application examples is used to improve the understanding of concepts.

On Lab classes students work on a number of case studies that aim to enhance their design and practical implementation skills. Classes are organized so that TP and PL classes form a unit, where the theoretical and analytical tools introduced in one class are applied on the other.

Assessment addresses both the understanding of fundamental concepts – 2 written tests – and design and implementation skills – 4 short practical work and one final project.

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

Em Controlo e particularmente em Controlo de Sistemas Ciber-Físicos, existe uma estreita relação entre a compreensão dos conceitos fundamentais, a implementação e o desempenho alcançado. A unidade curricular está organizada em torno desta ideia.

A compreensão da teoria e novos conceitos começa nas aulas TP e é reforçada pela sua aplicação no trabalho prático desenvolvido nas aulas PL. Os diferentes casos de estudo analisados têm como objetivo orientar o estudante nesse percurso, funcionando o projeto final como um elemento integrador das competências desenvolvidas.

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

Within the general area of Control and specially on the Control of Cyber-Physical Systems, there is a close relationship between fundamental concepts, implementation and performance. The curricular unit is organized around this idea.

The comprehension of theory and new concepts starts at TP classes and is enhanced by their application on the practical work developed on PL classes. The different case studies aim to lead the student along this path and the final project works as an integration point of the competences developed.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

K. J. Aström, P. Albertos, M. Blanke, A. Isidori, W. Schaufelberger. Control of Complex Systems. Springer (2000). ISBN-13: 978-1852333249

A.L. Fradkov, I.V. Miroshnik, V.O. Nikiforov. Nonlinear and Adaptive Control of Complex Systems. Springer (2010). ISBN-13: 978-9048152940

P. Hövel. Control of Complex Nonlinear Systems with Delay. Springer (2011). ISBN-13: 978-3642141096

Xing-Gang Yan, S. K. Spurgeon, C. Edwards. Variable Structure Control of Complex Systems: Analysis and Design. Springer (2017). ISBN-13: 978-3319840574

G. R. Meza, X. B. Ferragud, J. S. Saez, J. M. H. Durá. Controller Tuning with Evolutionary Multiobjective Optimization. Springer (2017). ISBN-13: 978-3319412993

D. Lozovanu, S. Pickl. Optimization and Multiobjective Control of Time-Discrete Systems: Dynamic Networks and Multilayered Structures. Springer (2009). ISBN-13: 978-3540850243

Mapa IV - Aplicações de Sinais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aplicações de Sinais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Signal Processing Applications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:56

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Raul Eduardo Capela Tello Rato (Regente) – TP:56

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

<sem resposta>

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

O objetivo desta unidade curricular é dar formação prática de Processamento de Sinais, nomeadamente:

1 - Face a uma situação concreta, o estudante deve saber como extrair algumas características qualitativas do sinal em causa, a saber, os que se referem a periódico/não-periódico, determinístico/casual e ocupação frequencial.

2 - Usar: a) os métodos de análise adequados, sobretudo, os de análise espectral; b) criação de modelos lineares, principalmente, auto-regressivos.

3 – Saber como usar ferramentas vulgares como, filtros, transformadas de Fourier e de Ôndulas.

A nível de competências, o estudante ficará com um conhecimento mais aprofundado dos princípios teóricos anteriormente adquiridos, será capaz de usar modelos de referência para resolver desafios e terá uma base sólida para ser capaz de realizar abordagens de sucesso a problemas práticos.

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

This unit intends to give practical skills in Signal Processing, namely:

1 - In face of a concrete situation, the student must know how to extract some qualitative characteristics from the signal at hand, namely, those referring to periodic / non-periodic, deterministic/random and frequency occupation.

2 - To use: a) the suitable analyze methods, namely, those of spectral analysis; b) creation of linear models, chiefly, autoregressive.

3 – To know how to use current tools like: filters, Fourier and wavelet transforms.

In terms of competences, the student will acquire stronger theoretical base, reference models, challenges and approaches adopted which will provide a sound basis for solving practical problems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1.Revisão de conceitos básicos. SLIT Discretos.

2.Análise Espectral: Métodos de Blackmann-Tukey e Bartlett-Welch. Métodos de Alta Resolução: Capon, Min-Norm e MUSIC.

3.Predição Linear. Métodos de estimação: correlação, covariância e Burg. Estruturas “Ladder/lattice”.

4.Tópico avançado (a escolher um dos temas de acordo com os interesses particulares do estudantes e o tempo disponível):

a)Algoritmos Adaptativos.

b)O modelo ARMA. Estimação de parâmetros.

c)Processamento em agregados adaptativos

d)Transformada de Ondulas

e)Distribuições Tempo-Frequência

4.4.5. Syllabus:

1.Revision of basic concepts. Discrete-time linear invariant linear systems.

2.Spectral Analysis : Blackmann-Tukey and Bartlett-Welch methods. High resolution methods: Capon, Min-Norm and MUSIC.

3.Linear Prediction. Estimation methods: correlation, covariance and Burg. Ladder/lattice structures.

4.Advanced topic (to select accordingly with the students interest and availability of time):

a)Adaptive Algorithms .

b)The ARMA model. Parameter Estimation.

c)Adaptive array signal processing.

d)Wavelet Transform.

e)Time-Frequency Distributions.

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

A teoria dos sinais e sistemas foi estudada anteriormente na cadeira de Teoria de Sinais onde se adquirem os instrumentos mais importantes do processamento de sinais. Nesta cadeira o conteúdo foi escolhido de forma a complementar o conhecimento previamente adquirido e de acordo com o que é frequentemente utilizado em sistemas que pertencem à nossa vida diária como nos dois casos mais importantes: Sistemas Biomédicos e Telecomunicações. Os temas ensinados são fundamentais para obter boas implementações dos sistemas de processamento.

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

The signals and systems theory were studied before in the course of Signals Theory where the students acquire the most important tools for signal processing. In this course the syllabus content was chosen to complement the previous acquired knowledge and in agreement with what is frequently used in systems that belong to our daily life as it is the two most important cases: Biomedical Systems and Telecommunications. The taught themes are fundamental to obtain good implementations of the processing systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A cadeira procurará ensinar como implementar sistemas de processamento de sinal. Deste modo, a metodologia de ensino é baseada em:

a) *Interligação entre teoria e prática.*

b) *Uso de sinais reais, como ECG, EEG e fala, para exemplificação e implementação.*

c) *Uso sistemático do computador com base nas ferramentas do MatLab.*

A avaliação será baseada no trabalho feito ao longo do curso, no sistema implementado, no relatório escrito, e na apresentação oral

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course aims to teach how to implement signal processing systems. So, the teaching methodology is based on

a) *Switching between theory and practice.*

b) *Use of real signals, like ECG, EEG and speech, for exemplification and implementation.*

c) *Systematic use of the computer base on MatLab software package.*

The assessment will be based on the work done along the course, on the implemented system, written report, and oral presentation.

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

Cada estudante tem de implementar um sistema para estudo de sinais reais. Isto será feito em etapas que usam instrumentos teóricos sucessivamente mais sofisticados. O ensino destes instrumentos será feito de forma gradual, acompanhando a evolução das necessidades.

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

Each student has to implement a system to study real signals. This will be done in steps using successively more involved theoretical tools. These tools will be taught in agreement with the implementation needs.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1 - *Processamento Digital de Sinais por M. D. Ortigueira, Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.*

2 - *Ifeachor, E., C., Jervis, B., W., "Digital Signal Processing: A Practical Approach", Addison-Wesley Publishing Company, 1993, Great Britain.*

3 - *DeFatta, D., Lucas, J. G. e Hodgkiss, W. S., "Digital Signal Processing; A System Design Approach", Wiley, 1988.*

4 - *Proakis, J. G. e Manolakis, D. G., "Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications", Prentice-Hall, 1996.*

5 - *Ralph D. Hippenstiel, "Detection Theory: Applications and Digital Signal Processing", CRC Press, 2001.*

6 - *Frédéric Cohen Tenoudji, "Analog and Digital Signal Analysis: From Basics to Applications", Springer, 2016.*

Mapa IV - Nanocircuitos e Sistemas Analógicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Nanocircuitos e Sistemas Analógicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Nanocircuits and Analog Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:**4.4.1.7. Observations:****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

João Carlos da Palma Goes (Regente) – TP:28; PL:84

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

Nuno Filipe Silva Veríssimo Paulino – PL:28

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

Dar ao aluno a capacidade de utilizar técnicas de projeto elétrico (analítico) de circuitos integrados, nomeadamente projeto de topologias clássicas e avançadas de amplificadores e análise de funções de transferência de circuitos realizados em condensadores comutados (CC).

Compreender a tecnologia CMOS, as suas potencialidades e limitações. Aprender as equações que regem os dispositivos MOS nas suas diferentes regiões de operação, os esquemas de polarização ótimos, bem como os seus modelos de pequenos sinais a baixas e a médias/altas frequências. Compreender os efeitos de corpo, efeitos de modulação de canal e efeitos de canal curto nos dispositivos MOS. Adquirir as noções básicas sobre ruído em circuitos.

Saber analisar diversos circuitos em CC no domínio do tempo discreto e saber analisar e projetar filtros de 1ª ordem em CC. Compreender bem os efeitos nefastos inerentes à injeção de carga dependente e independente de sinal bem como as técnicas mais utilizadas para os minimizar.

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

Provide the student the ability to use analytical techniques in the design techniques of integrated circuits, including classical topologies and advanced amplifiers and analysis of transfer functions of circuits realized using switched-capacitor (SC) techniques.

Understanding CMOS technology, its potential and limitations. Learning the equations governing the MOS devices in its various operating regions, the optimal polarization schemes, as well as their small signals models at low and mid/high frequencies. Understanding body-effects, channel-modulation effects channel and short channel effects in MOS devices. Acquire the basics of noise in electrical circuits.

Learn how to analyze SC circuits in the discrete time domain and know how to analyze and design 1st order filters employing SC techniques. Understand the adverse effects associated with signal dependent charge-injection and clock-feed-through, as well as the techniques used to minimize them.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A unidade curricular encontra-se dividida em 5 macro-módulos:

- Tecnologia CMOS;
 - Projeto de Amplificadores CMOS;
 - Tipos de ruído, ruído amostrado (kT/C) e cálculo do fator de excesso de ruído em amplificadores CMOS;
 - Análise e projeto de circuitos em condensadores comutados (CC) no domínio do tempo discreto;
- Projeto de filtros discretos utilizando técnicas de condensadores comutados.*

4.4.5. Syllabus:

The course is divided into 5 macro modules:

- CMOS Technology;
 - Design of CMOS Amplifiers;
 - Types of noise, sampled-noise (kT/C) and calculus of the excess noise factor of a CMOS amplifier;
 - Analysis and design of switched-capacitor circuits in the discrete time-domain;
- Analysis and design of switched-capacitor filters.*

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

Nas aulas práticas e laboratoriais os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os circuitos propostos e obter analiticamente as equações necessárias ao seu dimensionamento ótimo.

Os problemas (circuitos) propostos nas várias aulas práticas cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas de circuito envolvidas, e exercitando a sua utilização.

Os dois trabalhos em que os estudantes são avaliados, não só contribuem para essa avaliação, mas expõem os estudantes a um problema de dimensionamento de uma topologia de amplificador CMOS já de moderada complexidade.

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

In the laboratory classes, students develop the ability to analyze the proposed circuits and, analytically, obtain the necessary equations to find out the optimum sizing.

The problems (circuits) proposed in several practical classes cover all the material given in the theoretical classes, thus requiring the students to understand the concepts and circuit techniques involved, and exercising its use.

The two laboratory works in which students are evaluated not only contribute to their evaluation, but expose students to a specific and complex design problem of a complete CMOS amplifier relying on an advanced topology.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas semanais de TP têm a duração de 2 horas. As aulas TP incidem na apresentação de métodos e ferramentas necessárias para a análise e dimensionamento de amplificadores CMOS bem como da análise de circuitos em condensadores comutados. São utilizadas transparências e a análise dos circuitos é efectuada no quadro. As aulas P têm uma duração também de 2 horas, havendo 1 aula semanal. Em 3 aulas das 12 são resolvidos pelos alunos problemas associados à teoria. As aulas restantes são para realizar 3 trabalhos onde, no último trabalho, se dá total autonomia aos alunos. A avaliação é feita através de 2 trabalhos feitos em grupos de 3 alunos e de 2 testes individuais ou, opcionalmente, 1 exame individual de recurso.

A nota final (NF) é obtida através da nota de frequência dos 2 trabalhos de lab (NLab) e da nota da média ponderada dos 2 testes ($NT = (0.7 \cdot NT1 + 0.3 \cdot NT2)$) ou do exame final (NE), de acordo com: $NF = (0.3 \cdot NLab + 0.7 \cdot (NT \text{ ou } NE))$. São aprovados alunos com NLab e $NF \geq 9.5$ valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The basic concepts and techniques used in analog circuits are explained in theoretical classes, using the board as well as some slides.

In the laboratory classes, the students evaluate their acquired knowledge through the analysis and design of analog circuits, autonomously. They design, optimize, size and simulate two amplifiers using MATCAD and SPECTRE (CADENCE), respectively.

The final evaluation is calculated using the grades of two laboratory works carried out in groups of 3 students and the grades of either 2 individual 'theoretical tests' (MT) or a single final exam.

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

A disciplina pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de projetar circuitos eletrónicos complexos, nomeadamente amplificadores CMOS multi-andar e circuitos em condensadores comutados.

Nas aulas teórico-práticas (um total de 14) as metodologias e técnicas de projeto de circuitos são apresentadas e explicadas em detalhe. Os alunos ao frequentarem estas aulas adquirem os conceitos teóricos de suporte necessários para o projeto de circuitos. Em cada aula, pelo menos um exemplo prático é dado, o que ilustra os conceitos dados e permite uma maior compreensão por parte dos alunos. As aulas teóricas têm a duração de duas horas e são semanais. As aulas teóricas incidem na apresentação de métodos e ferramentas analíticas necessárias para a análise e dimensionamento ótimo de amplificadores CMOS de moderada complexidade bem como da análise de circuitos em condensadores comutados quer o domínio do tempo quer na frequência. São frequentemente utilizadas transparências mas a resolução e análise dos circuitos é sempre efectuada no quadro (a giz) de forma muito detalhada.

As aulas práticas têm uma duração de 2 horas, havendo uma aula semanal (num total de 12 aulas). Em cerca de 25% das aulas práticas (3 aulas num total de 12) são resolvidos pelos alunos alguns problemas associados à matéria teórica (excetuando-se os circuitos em condensadores comutados que são cobertos de forma exaustiva e exclusiva nas aulas teóricas). As restantes aulas são habitualmente dedicadas a execução dos dois trabalhos de laboratório (com duração de várias aulas) onde, no segundo e último trabalho, se dá total autonomia aos alunos.

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

The course aims to develop in students the ability to design complex electronic circuits, such as CMOS multi-stage amplifiers and switched-capacitor circuits.

In theoretical/practical classes (in a total of 14) the methodologies and techniques for circuit design are presented and explained in detail. Students attending these classes acquire theoretical concepts required to support the design of circuits. In each class, at least one practical example is given, illustrating the concepts and allowing a better understanding by students. The theoretical lectures focus on the presentation of methods and analytical tools required for the analysis and optimal design of CMOS amplifiers of moderate complexity, as well as, the analysis of switched

capacitor circuits in either the time domain or frequency. They are often used slides but the resolution and analysis of circuits is always carried out, using the board, in great detail.

Laboratory/Practical classes have a duration of 2 hours in each week (in a total of 12 classes). In about 25% of practical classes (3 classes in a total of 12) some problems associated with the theoretical material are solved by the students (except for the switched capacitor circuits that are covered exhaustively and exclusively in lectures). The remaining classes are usually dedicated to running the two laboratory work (lasting for several classes) where, in the second and last lab work, full autonomy is given to the students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- [recomendado / recommended] David Johns, Ken Martin, *Analog Integrated Circuit Design*, 1997/2011, John Wiley & Sons.
 - [opção 1 / option 1] Behzad Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, 2001, McGraw-Hill.
 - [opção 2 / option 2] Willy Sansen, *Analog Design Essentials*, 2006, Springer.
- Diapositivos /slides disponíveis / available no / in Moodle.*

Mapa IV - Eletrónica para Micro-Sistemas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletrónica para Micro-Sistemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electronics for Micro-Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

João Pedro Abreu de Oliveira (Regente) – T:28

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

Luís Bica Oliveira – PL:28

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

Pretende-se que o estudante, no final desta unidade curricular, adquira competências para análise e projeto de sistemas e micro-sistemas eletrónicos em hardware e software, para aplicações de sensorização e atuação inteligentes, multimédia, designadamente no domínio da internet das coisas (IoT).

- *Conhecer as arquiteturas de sistemas eletrónicos e micro-sistemas integrados e respetivos blocos constituintes*
- *Conhecer e analisar as principais características de sistemas reconfiguráveis existentes*
- *Utilizar ferramentas de software para simulação e projeto*
- *Saber especificar e desenvolver um sistema eletrónico, identificando os seus diversos blocos constituintes assim como todas as interligações necessárias*
- *Implementar e testar soluções híbridas software e hardware, recorrendo, nomeadamente a plataformas reconfiguráveis*

- *Relacionar informação diversa, focando-se na execução do projeto e resolução dos problemas de dimensionamento e implementação.*

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

This course aims to reinforce an advanced knowledge in analysis and design of electronics systems and micro-systems for smart sensors and actuators nodes, covering both hardware and software components. This knowledge has to cover not only classical approaches but also has to include more recent and state-of-the-art configurations, demanding original and critical thinking, namely on smart sensing and actuating which is the modern basis of the internet of things (IoT).

- *The student acquires the knowledge on modern reconfigurable electronic systems and their internal constitutions*
- *The student acquires skill and capacity of cross evaluating information coming from different sources.*
- *The student will also have to develop skills to work with the available circuit design frameworks, mathematical software and market consulting of available SOC and ICs.*
- *The students will develop the skill to solve problems and to address a complete project design.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução aos sistemas e micro-sistemas eletrónicos: objetivos, aplicações e especificações; arquiteturas; a internet das coisas (IoT).*
- *Sinais e processamento de sinais: tipos de sinais e principais funções de processamento, analógico versus digital.*
- *Ferramentas de projeto: simulação, plataformas de desenvolvimento e IDE, desenho de placas PCB.*
- *Módulos de processamento digital: processadores e microcontroladores, plataformas de lógica programável;*
- *Módulos de processamento analógico e de modo misto: conversor analógico-digital e digital-analógico; amplificadores e filtros programáveis.*
- *Sensores e atuadores: caracterização e sua integração nos sistemas eletrónicos*
- *Gestão de potência e energia: otimização da utilização de energia em sistemas eletrónicos autónomos; caracterização de baterias e respetivo carregamento*
- *Comunicações: entre circuitos integrados e de longa distância via rádio*
- *Projeto híbrido software-hardware de um sistema de sensorização e atuação inteligente.*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction to electronic systems and micro-systems: objectives, applications and specifications; architectures; the internet of things (IoT).*
- *Signals and signal processing: signal types and main processing functions, analog versus digital.*
- *Design tools: simulation, development platforms and IDE, design of PCB boards.*
- *Digital processing modules: processors and microcontrollers, programmable logic platforms;*
- *Analog and mixed-mode processing modules: analog-to-digital and digital-to-analog converter; amplifiers and programmable filters.*
- *Sensors and actuators: characterization and their integration into electronic systems*
- *Power and energy management: optimization of energy use in autonomous electronic systems; characterization of batteries and their charging*
- *Communications: between integrated circuits and long-distance radio*
- *Hybrid software-hardware design of a smart sensing and actuation system.*

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

O programa endereça todos os principais aspetos dos sistemas e micro-sistemas eletrónicos em hardware e software, para aplicações de sensorização e atuação inteligente de última geração cobrindo todos os itens traçados nos objetivos iniciais. Os primeiros tópicos permitem fornecer ao estudante uma visão sobre o sistema eletrónico integrado assim como apresentam as ferramentas de CAD utilizadas, nomeadamente simulador spice, programa de desenho de placas PCB, entre outros. Os restantes tópicos centram-se em cada bloco, hardware e software, constituintes dos sistemas eletrónicos estudados. Por fim, a existência de um projeto global permite que o estudante aplique todos os conhecimentos e aptidões adquiridos, desenvolvendo assim as competências necessárias para o projeto de sistemas reconfiguráveis. Em complemento, a utilização de plataforma "Programmable System on Chip" (PSoC) acelera o desenvolvimento e teste de sistemas híbridos software e hardware tornando a aprendizagem mais eficaz.

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

The program addresses all major aspects of electronic systems and micro-systems in hardware and software used in state-of-the-art smart sensing and actuation applications covering all items outlined in the initial objectives. The first topics provide the student with a global view of the system and integrated micro-system as well as CAD tools, namely spice simulator, printed circuit board design software, among others. The remaining topics focus on each of the blocks, hardware and software, that forms the studied electronic systems. Finally, the existence of a global project allows the student to apply all the acquired knowledge and skills, thus developing the necessary skills to design reconfigurable systems for smart sensing and acting. In addition, the use of "Programmable System on Chip" (PSoC) platform enables and accelerates the development and testing of hybrid software and hardware systems, which makes learning much more effective.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A matéria é exposta nas aulas teóricas com perfil de sessão de trabalho, promovendo-se a participação dos estudantes através da análise e discussão de casos reais, em cada tópico. A exposição em si é suportada em plataforma multimédia que permite a visualização das folhas que vão sendo manuscritas, sincronização com slides,

animações, acesso em tempo real à ferramenta de simulação, com objetivo de manter elevados índices de atenção. Em total articulação com as aulas teóricas, as aulas práticas são utilizadas para a experimentação em laboratório dos conceitos teóricos expostos, nomeadamente, a configuração e caracterização experimental de uma plataforma reconfigurável do tipo "Programmable System on Chip" (PSoC). Adicionalmente, estas aulas são utilizadas para a realização do projeto global de um nó de IoT. A avaliação do estudante é suportada em 3 fichas de problemas para resolução individual, 2 laboratórios de experimentação e 1 projeto global realizado em grupo de dois elementos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The exposition of the topics is done in theoretical classes, promoting the active participation of the students through the analysis and discussion of real cases. The explanation is supported in written information using a multimedia setup, with synchronized slides, multimedia components, in a dynamic way to achieve high degree of the student attention.

In total articulation with the theoretical classes, the practical classes are used for the laboratory experimentation of the theoretical concepts exposed, namely, the configuration and experimental characterization of a reconfigurable platform of the "Programmable System on Chip" (PSoC) type. In addition, these classes are used to carry out the overall design project of a digital transceiver. The student's assessment is supported on 3 problem solving individual assignments, 2 experimentation labs and 1 global project (to be executed in group of two elements).

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

Em alinhamento com os objetivos de aprendizagem da UC, a metodologia de ensino adotada promove o empenhamento ativo do estudante na experimentação laboratorial e na elaboração de um projeto global de um sistema eletrónico de sensorização a atuação. O estudante é incentivado para trabalhar com informação diversa e correlacioná-la por forma a tomar as melhores decisões ao longo da execução do projeto e experimentação em laboratório. De forma mais concreta, verifica-se que a metodologia de ensino:

- *Ao promover componentes de experimentação e de projeto, contribui para dotar o estudante das competências necessárias à implementação de sistemas e micro-sistemas eletrónicos*
- *Inclui a apresentação e a discussão de diversos casos de estudo, dando-se ênfase aos processos de inovação, dimensionamento e implementação*
- *Inclui a elaboração de fichas individuais o que permite treinar e reforçar a componente analítica do estudante.*
- *Inclui a experimentação quer de hardware quer de software relacionada com sistemas eletrónicas de sensorização e atuação, desenvolvendo-se aptidões ao nível da programação de hardware, análise e apresentação de resultados*
- *Ao promover a utilização de ferramentas CAD, nomeadamente spice e outros utensílios de cálculo científico, o estudante desenvolve aptidões para a utilização de software especializado em banda base.*

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

In alignment with the course learning objectives, the adopted teaching methodology promotes the active commitment of the student by exposing him to laboratory experimentations and to the design of a global project of an electronic sensing and actuation system. The student is forced to work with diverse information and correlate it in order to make the best decisions throughout the execution of the project and experiment in the laboratory. More precisely it is verified that the teaching methodology:

- *By promoting experimental and design components, it contributes to equip students with the necessary skills to implement electronic systems and micro-systems*
- *Includes the presentation and discussion of several case studies, emphasizing the processes of innovation, dimensioning and implementation*
- *It includes the elaboration of individual assignments which allows to train and reinforce the analytical component of the student.*
- *Includes experimentation of both hardware and software related to an electronic sensing and actuation system, developing skills in hardware programming, analysis and presentation of results*
- *By promoting the use of CAD tools, namely spice and other scientific calculation tools, students develop skills in the use of specialized software for baseband applications.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- B. Razavi, "Fundamentals of Microelectronics, 2nd Edition", John Wiley & Sons Inc, 2013
- A. Hambley, "Electrical Engineering: Principles & Applications, 7th Edition", Pearson, 2018
- D. Serpanos, M. Wolf, "Internet-of-Things (IoT) Systems", Springer International Publishing, 2018
- C. BellMicro, "Python for the Internet of Things", Apress, 2017
- J. Khan, M. Yuce, "Internet of Things (IoT): Systems and Applications", CRC press, 2019

Mapa IV - Conversores de sinal

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Conversores de sinal

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Converters

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:*Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Nuno Paulino (Regente) - TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

No contexto dos circuitos banda base utilizados nos sistemas de comunicações atuais, pretende-se transmitir conhecimentos de análise e projeto de circuitos eletrónicos para a conversão analógica-digital e vice-versa, conversão sigma-delta. Para tal o aluno, no final da cadeira, deverá saber identificar os problemas associados ao projeto deste tipo de circuitos, de elevada complexidade, assim como deverá dominar técnicas básicas de dimensionamento e implementação prática.

Do ponto de vista das Competências não-técnicas, pretende-se que o aluno apresente capacidade de trabalhar em equipa, com gestão de tempo eficaz. Outro fator importante é a qualidade e clareza da apresentação escrita e oral dos projetos, a qual deverá demonstrar a capacidade de modelação de problemas com respetiva avaliação crítica de uma solução.

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

In the field of baseband circuit design, the course will focus the study on two important analog functions: analog-digital / digital-analog conversion.

In the area of analog to digital conversion, and vice-versa, Nyquist and Sigma-Delta type converters are analyzed and projected.

The student will develop the ability to solve problems, work in a team and autonomously. Students also will learn how to improve their ability to manage the available time. Special attention is given to the ability of written and oral presentation of the work.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Conversão de sinal**Princípio da conversão A/D e D/A**Amostragem de sinais**Métricas utilizadas**Conversores de sinais de Nyquist**Arquiteturas de conversores A/D**Arquiteturas de conversores A/D**Conversores de sinal utilizando sobre-amostragem.**Moduladores Sigma Delta de primeira e segunda ordem**Arquiteturas cascata de moduladores sigma delta**Filtros interpoladores e decimadores simples***4.4.5. Syllabus:***Data conversion**Principles of A/D and D/A**Sampling**Useful metrics**Nyquist data converters**Digital to analog converter architectures**Analog to digital converter architectures*

*Oversampling data converters
First and second order sigma delta modulators modulators
Cascaded SD architectures
Interpolation and decimation filters*

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

Os objetivos de aprendizagem centram-se nos sistemas em base base que são na sua essência sistemas de conversão analógica digital e digital analógica. Assim os conteúdos programáticos são constituídos por conceitos sobre o funcionamento de circuitos de conversão A/D e D/A, quer do ponto de vista teórico (conversores ideais) quer do ponto de vista real (circuitos utilizados para implementar conversores A/D e D/A).

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

The intended learning outcomes are centered around baseband systems, which are essentially analog to digital and digital to analog conversion channels. Therefore, the syllabus is focused on concepts about the operation of A/D and D/A circuits, either from a theoretical point of view (ideal converters) or from a practical point of view (circuits that implement A/D and D/A converters)

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos teóricos da matéria da cadeira são explicados pelos professores nas aulas teórico-práticas, sendo depois explicitada a aplicação destes conceitos através de exercícios e exemplos práticos de circuitos. Resolução de problemas pelos alunos nas aulas práticas, disponibilizados na página da disciplina, antes das aulas. Aulas laboratoriais com pré-preparação e elaboração de relatório pelos alunos. Elaboração de projeto final. Avaliação contínua nas aulas práticas, realização de trabalhos laboratoriais com elaboração de relatório experimental, com discussão, três testes ou exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical concepts of the course syllabus are explained in the theoretical-practical classes and then the application of these concepts is clarified through exercises and practical examples of circuits. Resolution of sets of problems, available in the web page of the course, before the classes. Laboratorial classes with preparation in advance and written report done by the students. Continuous assessment in practical classes, laboratory work with writing report, three tests or final exam.

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

O funcionamento e análise de sistemas de conversão A/D e D/A, de moduladores Sigma Delta é explicado nas aulas teórico-práticas. Estes conhecimentos são fundamentados utilizando a apresentação de exemplos e a resolução de exercícios sobre os sistemas anteriormente referidos, quer nas aulas teórico-práticas e nas aulas práticas. Os alunos são encorajados a resolver problemas sobre a matéria exposta fora das aulas: conjuntos de problemas com resolução são disponibilizados na página da cadeira desenvolvendo a capacidade de resolver problemas em autonomia. Nas aulas de laboratório os alunos constroem e testam sistemas de AD/ e D/A, bem como moduladores Sigma Delta permitindo aprender os problemas práticos associados a estes sistemas e complementar os conceitos teóricos aprendidos. Estes trabalhos de laboratório são realizados em grupo estimulando o trabalho em equipa. Os alunos escrevem um relatório sobre cada trabalho.

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

In the theory-practical classes the behavior of A/D and D/A conversions systems, Sigma delta modulators is explained, the analysis methods of these systems is also explained. This knowledge is consolidated through the resolution of problems and through the presentation of practical electronic circuits. The students are encouraged to solve sets of problems available in the web page of the course (the solutions for these problems are also available on the web). In the laboratory classes the students build and test A/D and D/A systems, as well as Sigma delta modulators systems, this allows the students to further consolidate the knowledge acquired in the theoretical classes and learn the issues associated with the physical implementation of these systems. The lab projects are realized by groups of students, thus stimulating group work. The students have to write a report for each project.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*"Analog Integrated Circuit Design" by David Johns and Ken Martin ISBN: 0471144487
"Understanding Delta-Sigma Data Converters" by Richard Schreier and Gabor C. Temes ISBN: 0471465852*

Mapa IV - Eletrónica de Rádio Frequência

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletrónica de Rádio Frequência

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Radio-frequency Electronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:*Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luís Augusto Bica Gomes de Oliveira – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta cadeira tem como objetivo transmitir conhecimentos de análise e projeto de circuitos eletrónicos para sinais de alta-frequência com incidência nos sistemas de rádio (RF). Para tal o aluno, no final do curso, deverá saber identificar os problemas associados ao projeto de circuitos RF assim como deverá dominar técnicas básicas de dimensionamento e implementação de malhas de adaptação em tecnologia de circuito impresso. Como exemplo são utilizados amplificadores de baixo ruído e osciladores.

Do ponto de vista das competências não-técnicas, pretende-se que o aluno apresente capacidade de trabalhar em equipa, com gestão de tempo eficaz. Outro fator importante é a qualidade e clareza da apresentação oral dos projetos, a qual deverá demonstrar a capacidade de resolução de problemas com respetiva avaliação crítica de uma solução.

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

This course focuses the analysis and design of electronic circuits for high frequency signals affecting radio (RF) systems. At the end of the course, the student should be able to identify the problems associated with the design of RF circuits as well as master basic techniques for dimensioning and implementing of adaptation mesh in printed circuit technology. As an example, low noise amplifiers and oscillators are used.

From the point of view of non-technical skills, it is intended that the student has the ability to work in a team, with effective time management. Another important factor is the quality and clarity of the oral presentation of projects, which should demonstrate the problem-solving ability with their critical evaluation of a solution.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Introdução aos sistemas eletrónicos de RF e microondas: Espectro-Bandas de frequência, Arquiteturas de recetores de comunicação móvel (GSM, 3G, CDMA, Wi-Fi, Bluetooth), Breve referência aos circuitos digitais*
- 2- Elementos de análise e projeto de circuitos passivos e ativos para sistemas RF e microondas: Parâmetros concentrados versus parâmetros distribuídos, Elementos Passivos, Linhas de transmissão, Carta de Smith, Parâmetros S, Dispositivos ativos, Transístores de alta frequência*
- 3- Amplificação linear de alta frequência (Tecnologia Bipolar e CMOS): Análise de pequenos sinais, Ganho de potência e Estabilidade, Polarização, Adaptação e fatores de reflexão, Factor de Ruído, Distorção e linearização*
- 4- Sintetizadores de frequência (Tecnologia CMOS): Sintetizador com PLL, Osciladores de alta frequência.*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - RF and microwave (MW) electronic system overview: Spectrum / frequency Bands; GSM/UMTS, satellite, microwave; High speed digital circuits;*
- 2 - Introduction to passive and active RF/MW circuit analysis: Lumped parameters versus distributed parameters Passive components; Transmission Lines and Smith chart; Microstrip lines; Active components and S-parameters; High frequency transistors;*
- 3 - Small signal RF/MW amplifiers (using Bipolar and CMOS technologies): Small signal analysis; Stability; Power gains; Biasing; Matching networks and VSWR; Noise Factor; LNA design; High Power amplifiers: Large signal design ; Classes of amplifiers; Matching; Distortion analysis and dynamic range;*
- 4 - Frequency synthesizers using CMOS technology: PLL based synthesizer; High frequency oscillators*

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

Nas aulas teórico-práticas depois da exposição teórica da matéria pelo docente os exemplos/exercícios propostos permitem aos alunos compreenderem melhor a matéria e desenvolverem capacidade de raciocínio.

Nas aulas práticas/laboratório os problemas propostos permitem aos estudantes consolidarem os conceitos e técnicas de projeto de circuitos para sistemas de rádio frequência. Os alunos têm contacto com experiências que ilustram os pontos principais da matéria e que lhes permitem desenvolver a capacidade de trabalhar em equipa e melhorar a sua capacidade de gestão do tempo disponível. Deu-se atenção à capacidade de apresentação escrita e oral (em inglês) dos trabalhos realizados.

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

In theoretical-practical classes after the theoretical exposition of the matter by the lecturer, some examples/exercises allow students to understand better the concepts and techniques of this course and develop reasoning skills.

In practical/laboratorial classes, the proposed exercises allow the students to understand the concepts and techniques of circuit design in radio frequency systems. The students have contact with experiments that allow them to consolidate their knowledge and develop the ability of team work and control the available time. Special attention is given for the written and oral (in English) presentation of the work.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas básicas de projeto de circuitos para aplicações de rádio frequência são explicados pelo professor nas aulas teórico-práticas com o auxílio de slides, exercícios e exemplos práticos (atualizados anualmente).

Resolução de problemas pelos alunos nas aulas práticas, disponibilizados na página da disciplina, antes das aulas. Projeto de circuitos RF com dimensionamento (recorrendo a software especializado), implementação física e respetivo teste laboratorial.

Avaliação contínua nas aulas práticas, elaboração (individual) obrigatória de uma série de exercícios e realização (em equipa) obrigatória (com apresentação de relatório) de dois projetos. Discussão/apresentação oral detalhada de cada um dos trabalhos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The basic concepts and techniques of amplifiers, oscillators and filters are explained by lecturer in the theoretical-practical practical classes using slides, exercises and practical examples (updated annually).

Resolution of sets of problems, available in the web page of the course, before the classes. Project of RF circuits with a complete design of a test circuit using specialized software, implementation and test in the laboratory.

Continuous assessment in practical classes. Collection of exercises (individual) and two projects (in group) with report. Oral presentation and detailed discussion of both projects.

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

A disciplina pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de projetar circuitos eletrónicos para aplicações que utilizem frequências elevadas (como exemplo são considerados amplificadores e osciladores para rádio frequência).

Nas aulas teórico-práticas as metodologias e técnicas de projeto de circuitos RF são apresentadas e explicadas em detalhe. Os alunos ao frequentarem estas aulas adquirem os conceitos teóricos de suporte necessários para o projeto de circuitos. Em cada aula, pelo menos um exemplo prático é dado, o que ilustra os conceitos dados e permite uma maior compreensão por parte dos alunos.

Nas aulas práticas os alunos têm o contacto com uma lista de exercícios que permite a compreensão de uma maior parte dos conceitos e metodologias dadas nas aulas teóricas. Todavia este conhecimento só pode ser consolidado com algum treino, pelo que os alunos deveram tentar resolver os exercícios antes das aulas (os enunciados são disponibilizados na página da cadeira na semana anterior) e utilizarem as aulas para tirarem dúvidas com o docente. Nas aulas de laboratório os alunos fazem circuitos de teste que lhe permitem sentir os problemas de implementação dos circuitos e comparar resultados teóricos com simulações e medidas. Os alunos são avaliados continuamente nas aulas práticas, têm que fazer uma série de exercícios (individual) e dois projetos (em grupo) com implementação prática e relatório final. Assim, estimula-se a capacidade de trabalho individual e em grupo dos alunos e a sua capacidade de gestão do tempo disponível. Cada um dos trabalhos tem uma apresentação oral (em inglês) com uma discussão com o docente.

O docente das aulas práticas/laboratório tem com objetivo evitar a passividade dos alunos. Estes muitas vezes ficam à espera que lhes resolvam e lhes dêem as soluções dos problemas que estes devem tentar solucionar. Sempre que possível os docentes devem estimular a capacidade de autonomia dos alunos.

Adicionalmente, as soluções dos problemas propostos só são afixadas na página da disciplina alguns dias da respetiva aula, para dar tempo aos alunos de resolver os problemas.

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

The course aims to develop in students the ability to design high frequency electronic circuits. As example it is used amplifiers and oscillators for RF applications.

In theoretical/practical classes the methodologies and techniques for RF circuits are presented and explained in detail. Students attending these classes acquire theoretical concepts required to support the design of RF circuits. In each class, at least one practical example is given, illustrating the concepts and allowing a better understanding by students.

In practical classes students have contact with a list of exercises that enables understanding the concepts and methodologies given in lectures. But, this knowledge can only be consolidated with some training, thus students are motivated to solve the exercises before the class (the statements are made available online in the previous week) and use the classes to ask questions to the lecturer. In laboratory classes the students design test circuits, which allow them to feel the problems of circuit implementation in RF, and compare the theoretical results with simulations and measurements.

Students are assessed continuously in practical classes. They have a series of exercises (individual) and two projects (in group) with practical implementation and final report. Thus, it is stimulated the ability to work individually and in group and control the available time. Each work has an oral presentation (in English) with discussion.

The professor of practical/laboratory classes tries to avoid the “traditional” passivity of students. These are often waiting for the solutions to the problems that they must try to solve. Whenever possible lectures should stimulate students’ autonomy. Additionally, the proposed solutions of the problems are only posted on the course web page a few days after their class to give students time to solve problems independently.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1- R. Ludwig, P. Bretchko, “RF Circuit Design, Theory and Applications”, Prentice Hall, 2000
- 2- Pozar, David M., “Microwave Engineering”, Wiley International Edition, 2004
- 3- Gonzalez, Guillermo, “Microwave Transistor Amplifiers”, 2nd Edition, Prentice Hall, 1997
- 4- Cripps, Steve C., “RF Power Amplifiers for Wireless Communications”, Artech House, 1999
- 5 - Luis B. Oliveira, Analysis and Design of Quadrature Oscillator, Springer 2008.
- 6 - T. H. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, 2004.
- 7 – B. Razavi, “RF Microelectronics” 2nd Edition, Prentice Hall 2011.

Mapa IV - Circuitos Integrados Analógicos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Circuitos Integrados Analógicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Analog Integrated Circuits

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Nuno Paulino (Regente) -TP:28; PL:28

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Dar ao aluno a capacidade de utilizar técnicas de projeto elétrico (analítico) de circuitos analógicos integrados incluindo regimes de operação com tensões de alimentação reduzidas (i.e., inferiores à soma dos módulos das tensões de limiar dos transístores NMOS e PMOS), nomeadamente topologias avançadas de amplificadores, comparadores e de circuitos em condensadores-comutados utilizando técnicas de 'clock-bootstrapping' e de 'switched-opamp'. Os alunos devem também adquirir conhecimentos sobre circuitos de conversão de tensão DC-DC em circuito integrado.

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

Provide competences to the students of using analytical design skills for analog integrated circuits, including low voltage operation, namely in the design of advanced amplifier, comparator and switched capacitor circuits. The students should also acquire knowledge about the design of integrated DC-DC converters and power management circuits.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A unidade curricular encontra-se dividida em 5 grandes macro módulos:

Evolução do 'roadmap' da tecnologia CMOS e principais limitações impostas pela tensão de alimentação reduzida (e.g., degradação da relação sinal-ruído, degradação da precisão de emparelhamento, impossibilidade de usar mais do que 3 dispositivos em 'stack', etc.);

Topologias avançadas de amplificadores e de comparadores com esquemas de realimentação positiva para operarem com tensões de alimentação reduzidas;

Técnicas de linearização de interruptores ('clock-bootstrapping', SLCs, etc.);

Técnica de 'switched-opamp';

Unidade de gestão de potência de sistemas em circuito integrado

Casos de estudo dentro do estado da arte.

4.4.5. Syllabus:

The course can be divided into 5 macro modules:

Evolution of the roadmap of CMOS technology and major limitations imposed by the reduced supply voltage (e.g., degradation of the signal-to-noise ratio, degradation of transistors' matching, problems in using more than 3 devices in stack, etc.);

Advanced topologies of amplifiers and comparators employing positive-feedback schemes and able to operate at low supply voltages;

Techniques for switches' linearization ('clock-bootstrapping' circuits, switch-linearization circuits (SLCs), etc.);

The switched-opamp technique;

Power management and DC-DC converter circuits

Case studies from the state-of-the-art.

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

Os conteúdos programáticos centram-se sobre o projeto de circuitos avançados em tecnologia CMOS e em particular sobre o projeto de amplificadores, comparadores e circuitos de condensadores comutados, estando por isso coerentes com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

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

The intended learning outcomes are centered the design of CMOS circuits, in particular amplifiers, comparators and switched capacitor circuits. Therefore, the syllabus is focused on CMOS amplifiers, comparators and switched capacitor filters.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos teóricos da matéria da cadeira são explicados pelos professores nas aulas teórico-práticas, sendo depois explicitada a aplicação destes conceitos através de exercícios e exemplos práticos de circuitos.

Resolução de problemas pelos alunos nas aulas práticas, disponibilizados na página da disciplina, antes das aulas.

Aulas laboratoriais com pré-preparação e elaboração de relatório pelos alunos. Elaboração de projeto final.

Avaliação contínua nas aulas práticas, realização de trabalhos laboratoriais com elaboração de relatório experimental, com discussão, 2 testes ou exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical concepts of the course syllabus are explained in the theoretical-practical classes and then the application of these concepts is clarified through exercises and practical examples of circuits.

Resolution of sets of problems, available in the web page of the course, before the classes. Laboratorial classes with preparation in advance and written report done by the students.

Continuous assessment in practical classes, laboratory work with writing report, two tests or final exam.

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

Nas aulas teóricas são introduzidas topologias de circuitos amplificadores, comparadores em tecnologia CMOS, bem como técnicas de projeto. Estes conhecimentos são fundamentados utilizando a apresentação de exemplos e a resolução de exercícios sobre os circuitos anteriormente referidos, quer nas aulas teórico-práticas e nas aulas práticas. Os alunos são encorajados a resolver problemas sobre a matéria exposta fora das aulas desenvolvendo a capacidade de resolver problemas em autonomia.

Nas aulas de laboratório os alunos dimensionam e simulam circuitos CMOS permitindo aprender os problemas práticos associados a estes sistemas e complementar os conceitos teóricos aprendidos. Estes trabalhos de laboratório são realizados em grupo estimulando o trabalho em equipa. Os alunos escrevem um relatório sobre cada trabalho.

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

In the theory-practical classes new topologies of amplifiers and comparators are introduced, the analysis methods of these circuits is also explained. This knowledge is consolidated through the resolution of problems and through the presentation of practical electronic circuits. The students are encouraged to solve sets of problems available in the web page of the course

In the laboratory classes the students design and simulate CMOS circuits, this allows the students to further consolidate the knowledge acquired in the theoretical classes and learn the issues associated with the physical implementation of these systems. The lab projects are realized by groups of students, thus stimulating group work. The students have to write a report for each project.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Andreia Baschiroto, Low-Voltage Analog CMOS Design in scaled CMOS technology (course slides)
Willy Sansen, Analog Design Essentials, 2006, Springer.*

Mapa IV - EDA para Nanoeletrónica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

EDA para Nanoeletrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

EDA for Nanoelectronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Maria Helena Silva Fino - TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

Compreender:

- *As limitações do modelo de Schokley no projeto de circuitos atuais e necessidade de utilização de novos modelos.*
- *A necessidade de utilização de modelos comportamentais para a caracterização do funcionamento de dispositivos passivos em CMOS e outros dispositivos não convencionais de Nanoelectrónica (p.ex. memórias não voláteis)*
- *As problemáticas associadas a modelos para serem integrados em simuladores*

Ser capaz:

- *Desenvolver scripts para a determinação de parâmetros de novos modelos de caracterização de MOSFETs (Aproximações analítica e baseada em otimização).*
- *Desenvolver em Verilog modelos compactos para MOSFETs e modelos para dispositivos não convencionais*

Conhecer :

- *O funcionamento dos MOSFETs e os fenómenos físicos associados à redução de dimensões*
- *Modelos atuais de caracterização dos MOSFETs*
- *Dispositivos não convencionais de Nanoelectrónica*

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

At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow them to:

Understand

- *The limitations of the Schokley model in the current circuit design and the need to use new models.*
- *The need to use behavioral models to characterize the operation of passive devices in CMOS and other non-conventional nanoelectronics devices (e.g. non-volatile memory)*
- *Problems associated with models to be integrated in simulators*

Be capable to:

- *Develop scripts for the determination of parameters of new characterization models of MOSFETs (analytical and optimization-based approaches).*
- *Develop in Verilog compact models for MOSFETs and models for non-conventional devices*

To know :

- *The operation of MOSFETs and the physical phenomena associated with the reduction of current MOSFET characterization models*
- *Non-conventional nanoelectronics devices*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- *Introdução à Nanoelectrónica.*
- 2- *Modelos de Transístores MOS em dimensões nanométricas- Modelo N-Power (modificado), modelo EKV.*
- 3- *Determinação de parâmetros de modelo EKV2.6 para tecnologia UMC130*
- 4- *Modelos para bobines integradas- Modelo Pi.*
- 5- *Utilização dos modelos Pi e EKV para caracterização de filtros LC para aplicações sem fios*
- 6- *Introdução a dispositivos nanoelectrónicos não convencionais (memristores, dispositivos spintronic e phase-changing). Princípios de funcionamento, aplicações e modelos.*

4.4.5. Syllabus:

- 1- *Introduction to Nano electronics.*
- 2- *Nanometric scale transistor models- Extended NPower and EKV model.*
- 3- *EKV 2.6 model parameter evaluation for UMC130 technology.*
- 4- *Integrated inductor compact models- Pi-model.*
- 5- *Elementary analog/RF block characterization with EKV model.*
- 6- *Introduction to non-conventional nanoelectronic devices (e.g. memristors, spintronic devices, phase-changing devices). Working principles, applications and modeling.*

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

A unidade curricular tem como objetivo familiarizar os estudantes com os novos desafios no projeto de circuitos analógicos e RF decorrentes da utilização de tecnologias de dimensão nanométrica. Para tal, são apontadas em primeiro lugar as limitações dos modelos vulgarmente usados e são apresentados novos modelos.

A unidade curricular tem ainda como objetivo dar a conhecer aos estudantes novos dispositivos não convencionais de Nanoelectrónica, bem como a sua utilização em aplicações como sejam memórias não voláteis.

Para tal são introduzidos modelos comportamentais que os estudantes devem desenvolver em Verilog e verificar o respetivo comportamento na simulação de um bloco funcional (p.ex. célula de memória)

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

The curricular unit aims to familiarize students with the new challenges in the design of analog/digital and RF circuits resulting from the use of nanometric technologies. To this end, the limitations of commonly used models are first pointed out and new models are presented. The curricular unit also aims to introduce students to new non-conventional nanoelectronic devices as well their use in applications such as non-volatile memories. To this end, we introduce behavioral models that students must develop in Verilog and verify their behaviour in the simulation of a functional block (e.g. memory cell)

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC é do primeiro semestre do segundo ano do mestrado, pelo que terá um funcionamento baseado em sessões teórico-práticas em que os conteúdos programáticos são apresentados e os estudantes desenvolvem “scripts” que permitem implementar os diversos modelos apresentados. As aulas práticas são dedicadas à utilização do ambiente de simulação CADENCE.

A Avaliação é feita por 3 projetos com relatório:

- No primeiro são desenvolvidos “scripts” para determinar parâmetros dos modelos compactos considerados para a caracterização de mosfets, por ajuste a características obtidas por simulação. Os estudantes desenvolvem ainda um script para implementação do modelo e procedem à respetiva validação.*
- No segundo segundo são desenvolvidos “scripts” para a implementação um modelo para bobines integradas O modelo é desenvolvido em Verilog e usado na simulação de um bloco funcional.*
- O terceiro é dedicado ao desenvolvimento e teste de modelo para um dispositivo não convencional.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This curricular unit is in the first semester of the second year of the master's degree, so it will be based on theoretical sessions in which the program contents are presented and students develop "scripts" that allow to implement the various models presented. The practical classes are dedicated to the use of the CADENCE simulation environment.

The Evaluation is made by 3 projects with report:

- In the first one "scripts" for evaluating the parameters of the compact models considered for the characterization of mosfets, by fitting to the characteristics of devices obtained by are developed. A script for the model implementation and validation is developed.*
- In the second "scripts" that implement a model for integrated inductors are considered. Finally, the model is developed in Verilog and used in the simulation of a functional block.*
- The third is dedicated to the development and testing of a model for an unconventional device*

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

A metodologia de ensino apresentada, permite aos alunos desenvolver os modelos de caracterização dos dispositivos de Nanoeletrónica (convencionais e não convencionais) de forma a que eles adquirem, conhecimento sólido das características dos dispositivos. Por outro lado, a validação dos modelos por comparação com características obtidas por simulação permite aos estudantes apreenderem as limitações dos modelos adotados.

O desenvolvimento de modelos comportamentais em Verilog permite as estudantes o domínio de uma ferramenta que poderão usar na caracterização de blocos funcionais a serem utilizados em simulações a nível de sistema.

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

The teaching methodology presented allows students to develop nanoelectronic devices (conventional and non-conventional) characterization models offering them the possibility to acquire a solid knowledge of the characteristics of the devices. On the other hand, the validation of the models by comparison with characteristics obtained by simulation allows the students to apprehend the limitations of the model adopted. The development of behavioral models in Verilog allows students to master a tool that can be used in the characterization of functional blocks to for system-level simulations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Nishant Chandra, Apoorva Kumar Yati, A. B. Bhattacharyya: Extended-Sakurai-Newton MOSFET Model for Ultra-Deep-Submicrometer CMOS Digital Design. VLSI Design 2009: 247-252

[2] Gennady Gildenblat, Weimin Wu, Xin Li, Ronald van Langevelde, Andries J. Scholten, Compact Modeling: Principles, Techniques and Applications, Gennady Gildenblat (eds.), Springer Netherlands, 2010, ISBN: 9048186137,9789048186136,9789048186143, Chapter 12.

[3] Electronic Device Architectures Nano-CMOS Era: From Ultimate CMOS Scaling to Beyond CMOS Devices, editor: Simon Deleonibus, Pan Stanford Publishing, 2009.

[4] Kenneth S. Kundert, OLAF ZINKE, KLUWER, DESIGNER'S GUIDE TO VERILOG-AMS, ACADEMIC PUBLISHERS, 2004.

[5] - Sanjay Prajapati, Next Generation Spin Torque Memories, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology-ebook 2017

Mapa IV - Circuitos e Sistemas para Rádio Frequência**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Circuitos e Sistemas para Rádio Frequência

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Circuits and Systems for Radio-Frequency

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:*168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optonal***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Pedro Abreu de Oliveira (Regente) – T:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Luis Bica Oliveira – PL:28***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Pretende-se que o estudante, no final desta unidade curricular, adquira competências para análise e projeto de transreceptores e sistemas eletrónicos para comunicação de rádio digital recorrendo a circuitos integrados monolíticos do tipo "System on Chip" (SoC) e a tecnologia de circuito integrado em VLSI, nomeadamente, tecnologia CMOS à escala nano e micrométrica.

- Conhecer os sistemas eletrónicos integrados e respetivas arquiteturas de rádio digital utilizadas nas gerações mais recentes.*
- Conhecer e analisar as principais características de sistemas RF em circuito integrado e compreender as limitações das tecnologias atuais*
- Utilizar ferramentas de software para simulação e projeto em rádio-frequência*
- Analisar e projetar blocos de um transreceptor*
- Implementar e testar soluções híbridas software e hardware, recorrendo, nomeadamente a plataformas de radio definido por software (SDR)*
- Relacionar informação diversa, focando-se na importância da execução do projeto.*

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

It is intended that the student, at the end of this course, acquire the knowledge and skills for the analysis and design of transceivers and electronic systems for modern wireless communication using monolithic integrated circuits like "System on Chip" (SoC) and VLSI circuit technology, namely CMOS technology at nano and microscale. In summary:

- Obtain the knowledge about radio-frequency (RF) integrated electronic systems and respective architectures*
- Be able to analyze and characterize an RF system and understanding the limitations of current technologies*
- Analyze and design the fundamental building blocks of a digital radio transceiver*
- Be able to use software tools (CAD) for simulation and RF design*
- Implement and test hybrid software and hardware solutions, using software defined radio platforms (SDR)*
- Relate al the relevant technical information and skills for the success of the project execution.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Sistemas rádio digital com transreceptor integrados: modelo da ligação rádio, arquiteturas, standards e especificações*
- Projeto, análise e simulação de sistemas em radio frequência: Tecnologia monolítica integrada em RF. Modelização dos dispositivos ativos e passivos; ferramenta de CAD Cadence/SpectreRF; rádio definido por software (SDR) baseado em GNUradio*
- Módulos integrados para interface rádio e plataformas SDR*
- Amplificador de Baixo Ruído (LNA) em RF-CMOS: topologias, análise de ruído e distorção, dimensionamento*
- Misturador em RF-CMOS: topologias ativas e passivas, análise de ruído e distorção, dimensionamento*
- Osciladores, malhas de captura de fase e sintetizadores de frequência em RF-CMOS: topologias, análise de ruído e distorção, dimensionamento*
- Amplificador de potência em RF-CMOS: topologias em classes de operação com e sem comutação, ganhos de potência and eficiência*
- Estudo, análise e projeto de transreceptor Zero-IF e Low-IF para integração monolítica em RF-CMOS.*

4.4.5. Syllabus:

- Overview of digital radio transceivers systems: link model, architectures, standards and specifications*
- Analysis, design and simulation of radio-frequency (RF) systems: monolithic technology for RF, active and passive devices modeling, computer aided design (CAD) tools (Cadence/SpectreRF) for RF; Software defined radios (SDR)*

based on GNUradio.

- RF front-ends modules for integrated transceivers and SDR platforms; Noise, sensitivity; Nonlinearity and distortion; Dynamic range.
- Low noise amplifiers in RF-CMOS: topologies, noise and distortion analysis, design
- RF mixers in RF-CMOS: topologies, noise and distortion analysis, design
- Oscillators, phase-locked loops and frequency synthesizers: topologies, noise and distortion analysis, design
- RF power amplifiers in RF-CMOS: switched and current source based classes of operation, power gain and efficiency, design
- Analysis and project of a zero-IF or Low-IF transceiver front-end for RF-CMOS integration

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

O programa endereça todos os principais aspetos dos transreceptores rádio digital de última geração cobrindo todos os itens traçados nos objetivos iniciais. Os primeiros tópicos permitem fornecer ao estudante uma visão global do sistema integrado em RF assim como apresentam as ferramentas de CAD utilizadas, nomeadamente Cadence/SpectreRF. Os restantes tópicos centram-se em cada um dos blocos constituintes de um transreceptor integrado. Por fim, a existência de um projeto global permite que o estudante aplique todos os conhecimentos e aptidões adquiridos, desenvolvendo assim as competências necessárias para o projeto de sistemas e circuitos integrados em rádio-frequência. Em complemento, a utilização de plataforma SDR possibilita e acelera o desenvolvimento e teste de sistemas híbridos software e hardware em radio frequência o que torna muito mais eficaz a aprendizagem sobre o projeto de sistemas integrados em rádio-frequência.

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

The program addresses all the key aspects of the most recent digital radio transceivers, covering all items outlined in the objectives. The first topics allow the student to acquire a global overview of the integrated RF system as well as the usual tools used during design, namely Cadence / SpectreRF. The remaining topics focus on each of the building blocks of an RF integrated transceiver. Finally, the existence of a global project allows the student to apply all the acquired knowledge and skills, thus developing the necessary skills for the design of systems and integrated circuits in the radio-frequency domain. In addition, the use of a SDR platform enables and accelerates the development and testing of hybrid radio software and hardware systems, which makes the learning process of designing integrated radio frequency systems much more effective.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A exposição da matéria é feita nas aulas T com perfil de sessão de trabalho, promovendo-se a participação dos estudantes através da análise e discussão de casos reais. em cada tópico. A exposição em si é suportada em plataforma multimédia que permite a visualização das folhas que vão sendo manuscritas, sincronização com slides, animações, acesso em tempo real à ferramenta de simulação, com objetivo de manter elevados índices de atenção. Em total articulação com as aulas teóricas, as aulas práticas são utilizadas para a experimentação em laboratório dos conceitos teóricos expostos, nomeadamente, a caracterização experimental de um amplificador de baixo ruído, misturador e configuração e teste de uma plataforma de SDR. Adicionalmente, estas aulas são utilizadas para a realização do projeto global de um transreceptor. A avaliação do estudante é suportada em 3 fichas de problemas para resolução individual, 2 laboratórios de experimentação e 1 projeto global realizado em grupo de dois elementos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical exposition and analysis of case-studies: through a series of lessons (with a working session profile) that promotes the participation of trainees. The exhibition is supported in written information using a multimedia setup, with synchronized slides, multimedia components, in a dynamic way with the objective of maintaining high degree of attention. Each topic is supported with the analysis of real cases. In total articulation with the theoretical classes, the practical classes are used for the laboratory experimentation of the theoretical concepts, namely the experimental characterization of a low noise amplifier, mixer and configuration and test of an SDR platform. In addition, these classes are used to carry out the overall design project of a digital transceiver. The student's assessment is supported on 3 problem solving individual assignments, 2 experimentation labs and 1 global project (to be executed in group of two elements).

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

Em alinhamento com os objetivos de aprendizagem da UC, a metodologia de ensino adotada promove o empenhamento ativo do estudante na experimentação laboratorial e na elaboração de um projeto global de um sistema em RF, para o qual necessita de trabalhar informação diversa e correlacioná-la por forma a tomar as melhores decisões ao longo da execução do projeto e experimentação em laboratório. De forma mais concreta, verifica-se que a metodologia de ensino:

- Ao promover componentes de experimentação e de projeto, contribui para dotar o estudante das competências necessárias à implementação de sistemas de rádio-frequência
- Inclui a apresentação e a discussão de diversos casos de estudo, dando-se ênfase aos processos de inovação, dimensionamento e implementação
- Inclui a elaboração de fichas individuais o que permite treinar e reforçar a componente analítica do estudante.
- Inclui a experimentação quer de hardware quer de software relacionada com transreceptores, desenvolvendo-se aptidões ao nível da programação de hardware, análise e apresentação de resultados
- Ao promover a utilização de ferramentas CAD, nomeadamente Cadence/SpectreRF e outros utensílios de cálculo científico, o estudante desenvolve aptidões de utilização de software especializado em RF (utilizado quer na comunidade científica quer na indústria de semicondutores).

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

The course aims to develop the ability to design microelectronic integrated circuits for radio frequencies, using CMOS technology.

-In theoretical classes the methodologies and techniques for RF integrated circuits are presented and explained in detail. Students attending these classes acquire theoretical concepts required to support the design of the course project. In each class, at least one case study example is given, illustrating the concepts and allowing a better understanding by students.

- In practical classes students have contact with a list of exercises that enables understanding the concepts and methodologies given in lectures. In addition, lab experimentation exposes the student to working modules that are used to demonstrate the achieved performance of the studied RF systems.

- The project course enables the students to design RF-CMOS integrated circuits, which allow them to feel the problems of circuit implementation in RF, and compare the theoretical results with simulations and measurements. Whenever possible lectures stimulate students' autonomy.

-The project methodology, planning and execution steps are presented in detail, by using the Cadence framework

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1- H. Darabi, "Radio Frequency Integrated Circuits and Systems", Cambridge Univ. Press, 2015

2- B. Razavi, "Rf Microelectronics, 2nd Edition", PTR Prentice Hall, 2012

3- T. H. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, Cambridge Univ.Press, ISBN 0-521-83539-9,2004

4- IEEE SSCS, ComSoc and CAS journal papers

5- R. Ludwig, P. Bretchko, " RF Circuit Design, Theory and Applications", Prentice Hall, 2000

6- Pozar, David M., "Microwave Engineering", Wiley International Edition, 2004

7- Gonzalez,Guillermo, "Microwave Transistor Amplifiers", 2nd Edition, Prentice Hall, 1997

8- Cripps, Steve C., "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, 1999

Mapa IV - Optimização e Síntese de Circuitos Integrados**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Optimização e Síntese de Circuitos Integrados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Integrated Circuits Synthesis and Optimization

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Rui Manuel Leitão Santos Tavares – TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

O objetivo desta unidade curricular é apresentar aos alunos metodologias e ferramentas nas diferentes fases do projeto e síntese de circuitos integrados analógicos. Metodologias de extração de conhecimento dos circuitos, ao

nível elétrico. Algoritmos para dimensionamento óptimo de circuitos. Ferramentas de síntese de circuitos descritos em linguagem de hardware, e.g. Verilog and/ou VHDL. Ferramentas de realização de máscaras de layout. Modelos de elementos de elevada precisão (e.g. BSIM). Métodos de avaliação do desempenho dos circuitos.

Pretende-se que o aluno desenvolva a capacidade de aplicar as metodologias ensinadas a topologias de circuitos concretos, trabalhando em equipa, e com autonomia. É analisada a capacidade dos alunos na redação e apresentação oral, dos trabalhos realizados.

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

The objective of this course is to introduce methods and tools for the different phases of the project and synthesis of analog integrated circuits. Methodologies for circuit knowledge extraction, at the electrical level. Algorithms for optimal design of circuits. Methods and tools to synthesis of circuit described using hardware description languages, e.g. Verilog and/or VHDL. Tools to build the layout masks. High precision models for circuit elements (eg BSIM). Methods of evaluating the performance of circuits.

The student will develop the ability to apply the methodologies taught, to specific circuit topologies, working in a team and autonomously. It analysed the students' ability in writing and oral presentation of the developed work.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- Síntese Automática de Circuitos;
- 2- Estudo de circuitos analógicos de alto desempenho;
- 3- Técnicas de projecto auxiliado por computador;
- 4- Algoritmos de optimização;
- 5- Operadores evolutivos;
- 6- Representação da função de avaliação dos circuitos;
- 7- Técnicas de avaliação do desempenho dos circuitos;
- 8- Estruturas típicas de circuitos;
- 9- Circuitos CMOS na região sub-limiar de condução e suas aplicações típicas

4.4.5. Syllabus:

- 1 - Automatic Synthesis of Circuits;
- 2 - Study of high performance analog circuits;
- 3 - Techniques of computer-aided design;
- 4 - Optimization algorithms;
- 5 - Evolutionary Operators;
- 6 - Representation of the evaluation function of the circuit;
- 7 - Techniques for assessing the performance of the circuits;
- 8 - Typical circuit structures;

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

Nas aulas de teórico-práticas são lecionados conceitos teóricos sobre os temas do programa da disciplina.

Nas aulas práticas, os alunos aplicam os conhecimentos em trabalhos práticos e apresentações orais sobre os temas do programa da unidade curricular. Este método obriga os alunos a estudar, sumarizar e comentar os temas para os apresentarem, e subsequentemente, serem discutidos pela turma. O contínuo apoio do docente permite ajudá-los a concluírem com sucesso os diferentes trabalhos propostos. Os alunos desenvolvem a capacidade de análise, compreensão e síntese das diferentes metodologias abrangidas pelo programa da unidade curricular.

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

In the theory classes, the subjects on the topics of the syllabus are exposed by the teacher.

In the practical classes, the students develop and implement projects to apply the syllabus subjects. This method requires that student study, review and implement the subjects in practical implementations. Moreover, the presentations of the works are discussed by the class. Continuous support of the teacher pretends to help students to successfully complete the proposed works. It is expected students to improve the ability to analyze, understand and synthesis of different methodologies covered by the syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos são apresentados pelo professor nas aulas teórico-práticas com o auxílio de slides, e aplicações práticas.

Avaliação contínua nas aulas práticas será constituída pelos desempenhos dos alunos nas aulas, a implementação e apresentação dos trabalhos práticos, sujeitos a discussão.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The subjects are presented by the teacher in theory classes by means of slides, and real applications.

In the practical classes, the students are continuously assessed, based on their work, the implementation of assignments and presentations, plus with a final discussion.

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

A disciplina pretende dotar os estudantes com o conhecimento de métodos e técnicas de projeto e desenho de circuitos integrados analógicos. Espera-se que os alunos consigam implementar ferramentas de apoio ao projetos de circuitos, nas diversas fases do projeto de circuitos.

A apresentação dos trabalhos em formato de seminários obriga os alunos a analisar, sintetizar e preparar uma apresentação dos temas da unidade curricular. Desta forma, pretende-se que os alunos melhor aprendam os temas.

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

The course aims to prepare students with the methodologies and techniques to aid design of analog integrated circuits. It is expected that students implement tools to aid designing circuits, span over the several stages of circuit design.

The seminar classes require that students analyze, synthesize, and prepare an oral presentation of the syllabus of the course. Thus, this teaching procedure is intended to help students acquire the taught subjects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- R. Santos-Tavares, N. Paulino, J. Goes, "Time-Domain Optimization of CMOS Amplifiers Based on Distributed Genetic Algorithms", Lambert Academic Publishing, ISBN 978-3-8473-2925-1, 171 Pages, 2012.
- Singhal, K. and Vlach, J., "Computer Methods for Circuit Analysis and Design", ISBN 9781441947383, Springer, 2010.

Mapa IV - Eletrónica de Potência em Acionamentos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Eletrónica de Potência em Acionamentos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Power Electronics for Drives

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Stanimir Stoyanov Valtchev - TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

Esta UC tem como objetivos gerais dotar os alunos de conhecimentos e competências na área da eletrónica de potência em acionamentos e em sistemas de alimentação elétrica dos equipamentos, de modo a que sejam capazes de selecionar e/ou dimensionar os conversores de potência mais adequados para uma dada aplicação. Pretende-se que os alunos ganhem conhecimento acerca da constituição, propriedades e funcionamento dos dispositivos e circuitos de Eletrónica de Potência utilizados comumente em acionamentos. Pretende-se que adquiram a capacidade de

projetar e construir alguns circuitos segundo especificações dadas. Devem ainda desenvolver algumas competências transversais ("Soft skills"), tais como: capacidade de ordenar prioridades face a um problema técnico, capacidade de escolher e tomar decisões estruturadas, capacidade de uma comunicação oral e escrita melhor. A disciplina pretende também contribuir para um perfil do estudante mais interdisciplinar, melhorando a empregabilidade dele.

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

This subject aims at the acquisition by the students of sufficient knowledge and competence in the area of power electronics in actuators, where the students should be capable to select and/or design the most suitable power converter for a certain application. Students must acquire knowledge about the composition, properties and functioning of the power electronic circuits and devices generally used in electromechanical drives. Students should become able to design and build some circuits, following given specifications. Students should also develop soft skills such as: ability to categorize priorities in the analysis of a technical problem, ability to make structured and clear decisions and improve their written and oral communication skills. The final objective is to contribute to a more interdisciplinary profile of the student, and thus to improve his employability.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução. Conversores. Eletrónica de potência, transferência de energia sem contacto e recolha de energia. Conversor CC-CC BUCK BOOST BUCK-BOOST, FORWARD e FLYBACK, CCM e DCM. Métodos de controlo.*
- *Dispositivos eletrónicos como controladores de energia. Diodos. Tiristor. Aplicação, limites e proteção. Triac, TBP, Power MOS, características e aplicação. SOAR, drive. IGBT, GTO, MCT.*
- *Conversores de comutação natural. Conceitos. Retificadores monofásicos e N fases. Multiplicador de tensão. Proteção. Interruptor AC e regulador.*
- *Ondulador de tensão de corrente. Ondulador de tensão monofásico e trifásico. Carga resistiva e complexa. Redução de harmónicas.*
- *Comutação forçada. Inversor série e paralelo. Conversor de ressonância (carga), aquecimento por indução. Conversores CC/CC com ressonância. Controlo. Interruptores ressonantes.*
- *Controlo de motores de corrente contínua. Acionamento de motores de indução e de magnetos permanentes sem escovas. Aplicações na área de energias renováveis.*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction. Converters. Power electronics, Contactless energy transfer and energy harvesting.*
- *Converter DC-DC. Chopper. BUCK, BOOST, BUCK-BOOST, FORWARD and FLYBACK, continuous and discontinuous current operation. Control methods.*
- *Electronic devices to control the energy. Diodes. Thyristors. Application limits and protection. Triac. BPT, Power MOS, characteristics and applications. SOAR. Gate drive. IGBT, GTO, MCT.*
- *Line commutated converter. Principles. Mono-phase and N-phase rectifier. Voltage multipliers. Protection. AC switch and regulator.*
- *Voltage inverter and current inverter. Single phase inverter, three phase inverter. Resistive and complex load. Harmonics reduction.*
- *Aided commutation. Series and parallel inverters. Resonant load, Induction heating, DC-DC converters with internal resonant loop. Control. Resonant switches.*
- *DC motor control. Induction and Brushless PM motors drives. Renewable energy applications.*

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

O programa da unidade curricular pretende dotar os alunos dos conhecimentos científicos e técnicos sobre a eletrónica de potência, uma disciplina "interdisciplinar" que está no fundamento do tratamento das energias e das máquinas elétricas e que fornece alimentação elétrica para toda a eletrónica. No fim, os estudantes serão capazes de projetar e compreender especificações técnicas de dispositivos e equipamentos de eletrónica potência. As noções obtidas sobre sistemas de tratamento da energia e acionamentos tem como objetivo dotarem os alunos de um conhecimento concreto sobre os problemas que envolvem um conhecimento integral e de várias áreas do saber.

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

The subject contents are aimed at giving to the student technical and scientific skills in power electronics, a subject that is "interdisciplinary" and fundamental for the energy processing and machine drives and supplies the vital energy to the rest of the electronics. In the end, the students will be prepared to design and understand the technical specifications of the power electronics devices and the power electronics equipment. The knowledge obtained in this subject concerning the energy processing equipment, drives and actuators is aimed at giving to the students the practical understanding of the problems that involve the integrating of various parts of engineering.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os fundamentos científicos são explicados pelo professor nas aulas teóricas com o auxílio de diapositivos. Fomenta-se o debate colocando-se frequentemente questões científicas e técnicas concretas.

Nas aulas práticas apresenta-se um conjunto de problemas técnicos que os estudantes devem resolver usando os conhecimentos das aulas teóricas, e recorrendo a cálculos e consulta de tabelas ou catálogos. Promove-se o diálogo entre colegas, avaliando-se qualitativamente a participação dos alunos.

Avaliação:

1º Caminho: teste No.1 (30%, mas com nota mínima de 8 val. sendo esse teste eliminatório para esse caminho), teste No.2 (45%), 3 relatórios laboratoriais (25% da nota final, sendo esses relatórios obrigatórios, e de nota mínima de 9.5, para obter frequência);

2º Caminho: 3 relatórios laboratoriais (25% da nota final, sendo esses relatórios obrigatórios, e de nota mínima de 9.5, para obter frequência), exame de recurso (75%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Scientific principles are explained by the teacher in the theory class, aided by slides. The student's capacity for oral communication is stimulated through debate around technical and scientific questions.

In practical classes a collection of technical problems is offered to be solved by students based on theoretical class knowledge by calculation. The dialogue between the students is encouraged, and qualitative evaluation is made.

Evaluation:

1 Path: test No.1 (30%, but with the minimum score of 8, being this test eliminatory for this path), test No.2 (45%), 3 reports for laboratory exercise (25% of the final score, being those reports compulsory, and of minimum score of 9.5, for the permission (frequência);

2º Path: 3 reports for laboratory exercise (25% of the final score, being those reports compulsory, and of minimum score of 9.5, for the permission (frequência), exam (75%).

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

Durante as aulas, são desenvolvidas e testadas as competências dos estudantes através da apresentação de problemas de caráter técnico que visam a aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos na disciplina e respetiva integração com outros do quais deverão ser detentores. Com os problemas apresentados nas aulas mostra-se a multidisciplinaridade envolvida em Eletrónica de Potência em Acionamentos para a Energia motivando-se os alunos para a detenção de um conhecimento integrado de matérias. Estimula-se o debate para melhorar a capacidade de argumentação dos alunos e correspondente comunicação oral.

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

During the classes, student's skills are tested and developed through problems that imply theoretical and practical knowledge (acquired at classes) for their solution, often integrating other additional knowledge that they should possess. Problems presented at practical classes show the multidisciplinary character of the Power Electronics in Actuators, motivating the students for acquiring a global knowledge. Debates are stimulated in order to improve the argumentation skills and oral communication of the students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Ned Mohan, Power Electronics and Drives, MNPERE, 2003

Power Electronics, Converters, Applications and Design, N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins, Ed.: John Wiley & Sons Inc., 2002

Power Electronics, Circuits, Devices and Applications, M. Rashid, Editora: Prentice Hall, 1993

Eletrônica de Potência (em tradução), Muhammad H. Rashid, Makron Books do Brasil, S. Paulo, 1999

Power Electronics, C. Lander, McGraw-Hill, 1999

Eletrónica Industrial (em tradução) C. Lander, McGraw-Hill Brasil, 2002

Power Electronics, K. Thorborg, Editora: Prentice Hall, 2002

Principles of Power Electronics, J. Kassakian, M. Schlecht, G. Verghese, Editora: Addison Wesley, 1991

Eletrónica de Potência, F. Labrique, J. Santana, Editora: Fundação Gulbenkian, 1991

Mapa IV - Redes Elétricas Inteligentes

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Redes Elétricas Inteligentes

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Smart Grids

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*João Francisco Alves Martins - TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

Os alunos devem vir a ser capazes de: calcular a capacidade de produção e o consumo de combustível se o houver, de centrais dos vários tipos e a sua adequação ao consumo de energia elétrica; calcular todos os parâmetros de linhas de várias configurações; saber os vários esquemas de representação de redes de energia elétrica, incluindo nelas máquinas, transformadores, linhas e outras cargas; dominar as várias formas de representação dos valores dos parâmetros das redes; dominar as transformações de coordenadas e calcular as representações direta, inversa e homopolar das redes; calcular as correntes dos vários tipos de curto circuito em qualquer ponto da rede e dimensionar as proteções; e executar cálculos de trânsito de potência.

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

The student must become capable of: computing several types of central's energy production capability, their fuel consumption if any, and their adequacy to the electric power demand; computing the parameters of electrical lines of several configurations; knowing the several schematic representations of electrical power networks, including electrical machines, transformers and lines; to master the usual ways of representing the values of the several network devices' parameters; to master the coordinates transformations and to calculate the direct, inverse and homopolar representation of networks; to compute the several types of short circuit's current, in any point of the network, and calculate the needed protections; and to execute the power flow calculations.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Redes de energia eléctrica.**Produção.Fontes de Energia. Centrais térmicas,hídricas, de bombagem,eólicas e fotovoltaicas–**Características.Diagrama de cargas.**Parâmetros de linhas.Cálculo dos parâmetros de linhas e cabos.**Esquemas equivalentes de máquinas e linhas.Representações de redes de energia eléctrica. Esquemas trifásicos e unifilares. Impedâncias e unidades normalizadas.**Sistemas polifásicos. Teoria das transformações. Transformações d-q-0, α - β -0, e 0-1-2. Sistemas trifásicos desequilibrados. Componentes simétricas. Impedâncias de sequência de fases. Grupos de ligação. Circuitos equivalentes de sequência de fases.**Falhas de rede. Circuitos abertos e curto-circuitos. Potência de curto-circuito. Falhas assimétricas. Cálculo das correntes de curto-circuito. Dimensionamento de proteções.**Trânsito de energia.**Consumidores e produtores (prosumers) como parte ativa da rede de energia**Produção de energia distribuída e transformadores inteligentes***4.4.5. Syllabus:***- Electrical Power Grids.**- Production. Energy sources. Thermal, hydraulic, pumping, wind and photovoltaic centrals. Characteristics. Load diagrams. Complementarity.**- Lines' parameters. Computation of overhead lines and cables parameters.**- Equivalent circuits of machines and lines. Representations of power networks. Three-phase and unifilar schematics. Impedances and normalized units**- Polyphase systems. Theory of transformations. d-q-0, α - β -0, e 0-1-2 transformations. Unbalanced three-phase systems. Symmetrical components. Phase sequence impedances. Connections groups. Phase sequences equivalent circuits.*

- Grid's faults. Open circuits and short circuits. Short circuit power. Asymmetrical faults. Calculation of short circuit current. Sizing of protections.
- Power flow.
- Consumers and prosumers as part of the smart grid
- Distributed energy resources and smart transformers

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

Os diversos capítulos do programa cobrem totalmente as matérias cujo domínio os estudantes devem adquirir. Todas as matérias, como por exemplo o cálculo dos parâmetros das linhas e a teoria das transformações de coordenadas, são deduzidas de forma rigorosa, evitando-se o uso de fórmulas não justificadas.

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

The several chapters of the syllabus totally cover the matters the students are supposed to master. Every subject, for exemple the computation of lines' parameters and the transformations theory, are rigorously deducted, and the use of unjustified formulae is avoided.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*São lecionadas semanalmente uma aula teórica e uma aula teórico-prática. A matéria é exposta em aulas clássicas, podendo ser suportada na projecção de imagens ou filmes. Os assuntos são imediatamente aplicados a problemas, exemplos e exercícios. Quando possível, é efetuada uma visita de estudo a uma central. As instalações de produção distribuída do DEEC são estudadas. É usado um programa "freeware" para exemplificar cálculos de curto circuito e de trânsito de potência. É feito um projeto no qual uma pequena rede é analisada. O projeto é classificado, com nota NP. Um exame ou duas provas são feitas, com classificação "teórica" NT. A nota final NF é $NF=0,6*NT+0,4*NP$. Caso num semestre o projeto seja mais extenso ou não seja feito exame ou provas, a nota final é a do projeto.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Weekly classes are taught: a theoretical class, and a theoretical-practical class. The matter is taught in classical classes, and supported in the projection of images or films. The matters are applied to problems, examples and exercises. Whenever possible, a visit to a central is made. DEEC's distributed production facilities are studied. A "freeware" program is used to exemplify the calculation of short circuit currents and of power flow. A project is made, in which a small network is considered and its power flow is analyzed. The project is classified with a mark NP. 2 tests or an examination are made, whose classification is NT. The final classification NF is $NF=0,6*NT+0,4*NP$. In case of a more extensive project or if the tests and examination do not occur, the final mark is the project's classification.*

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

A teoria que se pretende transmitir é lecionada em aulas teóricas (teórico-práticas) clássicas e aplicada e trabalhada pelos alunos em aulas práticas, onde os alunos são incentivados a agir por si e não manter uma atitude passiva. Uma visita de estudos, quando possível, e o estudo das instalações de produção distribuída do DEEC ajuda a ilustrar as matérias. A realização de um projeto cobre toda a matéria e obriga os estudantes a estruturar e cimentar os seus conhecimentos. A utilização de programas de cálculo permite comparar a aplicação dos processos de cálculo aprendidos com aplicações do tipo comercial.

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

The theory intended to be transmitted is taught in classical theoretic (theoretical-practical) classes and is applied and worked on in practical classes. Students are incentivized to work by themselves in the practical classes, instead of keeping a passive posture. A study visit, whenever possible, and the DEEC's distributed production facilities study helps to illustrate the matters covered. The realization of a project covers all the matter and forces the students to organize and cement their knowledge. The use of computer programs allows to compare the application of the learned calculating processes with commercial-type applications.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Qiang Yang Ting Yang Wie Li - Smart Power Distribution Systems - Academic Press, 2018
 Fermín Barrero – Sistemas de Energía Eléctrica – Thomson-Paraninfo, Madrid, 2004
 M. Ventim Neves – Parâmetros de Linhas – FCT/UNL, 2010
 C.L. Wadhwa – Electrical Power Systems – New Age Intl. Publ., New Delhi, 2015
 Grainger, Stevenson – Power Systems analysis – McGraw-Hill
 J.P. Sucena Paiva – Redes de Energia Eléctrica – IST Press, Lisboa, 2011*

Mapa IV - Tecnologia das Energia Renováveis**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Tecnologia das Energia Renováveis***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Renewable Energy Technologies***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:56***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Miguel Murta Pina – TP:56***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O objetivo da disciplina é dotar os estudantes dos conhecimentos e ferramentas necessários para compreender e intervir no novo paradigma da geração elétrica, baseada na integração de fontes de energia renovável e geração distribuída.

Pretende-se também que se compreendam os problemas e as técnicas relacionadas com a operação fiável do sistema de energia elétrica, assim como os impactes da integração de fontes renováveis na rede.

No final do curso, os estudantes deverão ter desenvolvido competências nos seguintes tópicos:

- Conhecimento de tecnologias de geração distribuída, particularmente por fontes renováveis.*
- Projeto de instalações fotovoltaicas, com foco principal no paradigma de auto-consumo.*
- Requisitos e desafios técnicos relativos à integração de geração distribuída, em particular de origem renovável.*
- Estimativa da produção energética de instalações fotovoltaicas e eólicas.*

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

The goal of this course is to provide students with knowledge and tools to understand and intervene in the new paradigm of electrical generation, based on the integration of renewable energy sources and distributed generation.

Understanding the issues and techniques regarding the reliable operation of the electrical energy system, and the impacts of integration of renewable energy sources on the grid, is also foreseen in the course.

On the end of the course, students will be provided with advanced competences on the following subjects:

- Knowledge of distributed generation technologies, particularly by renewable sources.*
- Design of photovoltaic plants, with focus on the self-consumption paradigm.*
- Technical issues and challenges concerning integration of dispersed generation, namely from renewable sources.*
- Energy estimation of photovoltaic and wind power systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Geração distribuída.*
- Organização do sistema de energia elétrica.*
- Quadro legislativo da produção de energia elétrica descentralizada.*
- Avaliação económica de projetos de investimento em energias renováveis.*
- Sistemas renováveis baseados em energia fotovoltaica: projeto de sistemas autónomos e ligados à rede.*
- Sistemas renováveis baseados em energia eólica: tipos de turbinas, controlo de potência, estimativa de energia.*

4.4.5. Syllabus:

- Distributed generation.*
- Organisation of the electric energy system.*
- Legislative framework of the electrical energy decentralized production.*
- Economic evaluation of renewable energy investment projects.*
- Renewable systems based in photovoltaic energy: design of stand-alone and grid connected systems.*
- Renewable systems based in wind energy: types of turbines, power control, energy estimation.*

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

A disciplina foca-se nos aproveitamentos mais relevantes em termos de energias renováveis (não considerando hídrica), quer a que apresenta maior implantação (eólica), quer a que tem maior crescimento relativo (fotovoltaica). Pela última observação, é dada uma grande ênfase ao projeto de aproveitamentos fotovoltaicos em autoconsumo, até pelos desafios técnicos que levanta, face à legislação Portuguesa. Esta é, assim, também analisada em detalhe. É também focada a organização do sistema elétrico Português, semelhante à de outros países Europeus, onde estes aproveitamentos provavelmente se vão inserir. A decisão sobre investir nestes aproveitamentos é, normalmente, de carácter económico, pelo que se estuda a avaliação económica de projetos.

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

The course is focused on the most relevant renewable sources (not taking into account hidro), either the one with highest implantation (wind) either with highest relative growth (photovoltaics). Due to the latter observations, a great emphasis is put on the design of self-consumption photovoltaic plants, in particular due to the technical challenges that arise when considering Portuguese legislation. This is, thus, analyzed in detail. The organization of the Portuguese electric system, similar to other countries, where these sources might be integrated, is also focused. The decision about investing on these plants is, usually, of economic character, for which the economic evaluation of projects is studied.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os diferentes conceitos, técnicas e teorias são explicadas pelo professor com o auxílio de diapositivos e de demonstradores implementados em Matlab/Simulink. Ambos são preparados para as aulas pelo professor, sendo que os últimos permitem verificar ou analisar distintos comportamentos e regimes de operação. A unidade curricular prevê ainda a realização de visitas de campo.

Os alunos resolvem problemas disponibilizados nos diapositivos, de forma semiautónoma.

A avaliação é feita mediante um testes ou exame final (60% da nota final) e um projeto feito em grupo (até três elementos, 40% da nota final). A média dos testes/exame e a nota do trabalho devem ser ambas no mínimo 10 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The distinct concepts, techniques and theories are explained by the lecturer with the support of slides and demonstrators implemented in Matlab/Simulink. These are prepared for the classes by the lecturer, and the latter allow verifying or analysing distinct behaviours and operation regimes. Field visits are envisaged in the course.

Students assess their skills through semiautonomous resolution of sets of problems, available in the slides.

Evaluation is made by means of one test or final exam (60% of final grade) and a group project (up to three elements, 40% of final grade). Average grade of tests/exam and project grade must be 10 minimum.

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

A parte expositiva da unidade curricular visa dotar os alunos das bases teóricas e conceptuais que lhes permitam analisar distintas tecnologias renováveis, no âmbito das energias eólica e fotovoltaica, assim como os princípios que estão na base da conversão energética. São revistas ou apresentadas matérias como a análise de Fourier ou a eletrónica de potência, fundamental para a compreensão dos fenómenos subjacentes ao impacte destes aproveitamentos na rede.

A percepção do entendimento dos alunos é aferida frequentemente com recurso ao método interrogativo.

A realização de projetos permite o desenvolvimento de competências em problemas não só no âmbito exclusivo do que foi ensinado, mas também novos, contribuindo para o desenvolvimento de espírito crítico e capacidade de generalização.

Complementarmente, são indicados artigos técnicos e científicos como bibliografia secundária, de modo a motivar os alunos para temáticas de investigação.

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

The expositive part of the course aims to provide students with theoretical bases that allow analyse distinct renewable technologies, under the framework of photovoltaic and wind energy, as well as the principles behind this energy conversion. Subjects as Fourier analysis or power electronics are reviewed or presented, as these are fundamental to understand the phenomena behind the impact of these generators in the grid.

Students' understanding is often assessed, by means of interrogative method.

The development of projects additionally allows developing competences in problems that go beyond the exclusive scope of subjects taught, but comprise also new situations, concurring to the development of critical thinking and generalisation skills.

Complementarily, technical and scientific papers are suggested as secondary literature, in order to motivate students for research themes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Gilbert M. Masters, Renewable and Efficient Electric Power Systems, John Wiley & Sons, 2004.

- Energia Fotovoltaica: Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação, Projecto Europeu GREENPRO, 2004.

- Chetan Singh Solanki, Solar Photovoltaics: Fundamentals, Technologies and Applications, 2nd Edition, PHI Learning, 2011.

Mapa IV - Tecnologia de Materiais para a Energia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Materiais para a Energia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Materials Technology for Energy

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Anabela Monteiro Gonçalves Pronto – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A UC tem como objetivos gerais dotar os estudantes de conhecimentos e competências na área da tecnologia dos principais materiais utilizados em sistemas de energia, de modo a que sejam capazes de selecionar e/ou dimensionar sistemas e materiais mais adequados para uma dada aplicação eletrotécnica. Os estudantes deverão adquirir conhecimentos científicos na área dos materiais elétricos, magnéticos, supercondutores e respetivos fenómenos de corrosão mais comuns. Devem ser capazes de interpretar informação técnica de fabricantes, escolher adequadamente materiais a usar e dimensionar dispositivos utilizados em energia com rendimento otimizado.

Devem ainda desenvolver algumas competências transversais (“Soft skills”), tais como: capacidade de ordenar prioridades face a um problema técnico, capacidade de escolher e tomar decisões estruturadas, melhorar a comunicação oral e escrita.

Pretende também contribuir para um perfil do estudante mais interdisciplinar, melhorando a empregabilidade.

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

This topic has as main objectives the acquisition of knowledge in the field of technology associated to most important materials used in power energy systems, in order to become able to select and/or design the most adequate systems and materials for a specific electric application. The students should acquire scientific knowledge in electric, magnetic and superconductor materials and associated common corrosion processes. In the end, they should be able to understand manufacturer's technical information, to select adequate materials for a specific application and to design more efficient and reliable power systems. Students should also develop soft skills such as: ability to categorize priorities during the analysis of a technical problem, ability to make choices and take decisions and improvement of written and oral communication skills. The final objective is to contribute to a more interdisciplinary profile, in order to improve employability.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Parte 1–Tecnologia dos Materiais Elétricos**1.Materiais condutores elétricos**2.Materiais semicondutores**3.Materiais dielétricos**Parte 2–Tecnologia dos Materiais Magnéticos**1.Origem do magnetismo. Classificação dos materiais magnéticos. Tipos de magnetismo.**2.Materiais ferromagnéticos macios para dispositivos de potência**3.Materiais ferromagnéticos duros para dispositivos de potência**Parte 3 – Novos Materiais em Energia**1.Materiais supercondutores**2.Materiais de mudança de fase (PCM – Phase Change Materials)**Parte 4– Tecnologias de armazenamento de energia elétrica**1.Baterias**2.Bombagem hídrica**3.Pilhas de combustível**4.Supercondensadores**5.Volantes inerciais**6.SMES**Parte 5 – Corrosão em Sistemas de Energia**1.Fundamentos de corrosão eletroquímica**2.Principais tipos de corrosão em sistemas de energia**3.Análise de aerogeradores em regime offshore, torres de alta tensão, subestações terrestres e marítimas, transformadores.**4.Proteção de sistemas de energia contra a corrosão.***4.4.5. Syllabus:**

Part 1 –Electric Materials Technology**1.Electrical conductors****2.Semiconductors****3.Dielectrics****Part 2 –Magnetic Materials Technology****1. Origin of magnetism. Magnetic materials classification. Types of magnetism.****2. Soft magnetic materials for energy systems****3. Hard magnetic materials for energy systems****Part 3 –New Materials in Energy Field****1.Superconducting materials****2.Phase Change Materials.****Part 4– Electrical Energy Storage Technologies****1.Batteries****2.Pump hydro****3.Fuel cells****4.Supercapacitors****5.Flywheels****6.Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)****Part 5–Corrosion in Energy Power Systems****1.Electrochemical corrosion****2.Main corrosion forms in energy systems: offshore aero generators, power transmission lines towers, substations and transformers.****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O programa da UC pretende dotar os estudantes dos conhecimentos científicos e técnicos sobre a tecnologia dos principais tipos de materiais usados em energia. Com a secção sobre armazenamento de energia elétrica pretende-se que conheçam as tecnologias disponíveis e o papel que o armazenamento pode ter na flexibilidade da rede elétrica. No fim, serão capazes de compreender especificações técnicas e de otimizar o projeto de dispositivos de potência com base numa escolha de materiais e dimensionamento, adequados. A secção dos “novos materiais em energia” é dinâmica e tem por objetivo mostrar aos estudantes os avanços científicos na área dos materiais com aplicação em energia. A corrosão em sistemas de energia pretende dotar os estudantes de um conhecimento global sobre os problemas durante o ciclo de vida dos materiais e equipamentos usados em energia, mostrando que a otimização de um sistema assenta num conhecimento integrado de matérias, logo na interligação de várias áreas do saber.

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

The subject contents were chosen to give students technical and scientific skills concerning the most important types of materials used in electrical engineering, including the ability for select adequate materials and to design energy systems according to this selection. The presentation of most important materials for electrical engineering will confer a global perspective of what should be taken in account during a technical project development. The students will be able to understand manufacturer information and to discuss the best option for a specific application. The most promise storage technologies are presented focusing in the importance of energy efficiency promotion and in how the electrical energy storage can contribute to improve grid flexibility. Corrosion principles, and its main forms in energy systems, will confer a global understanding of system life cycle dependence and what can be done to promote a better and longer performance.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os fundamentos científicos são explicados pelo professor nas aulas T com o auxílio de diapositivos. Fomenta-se o debate colocando-se frequentemente questões científicas e técnicas concretas.

Nas aulas práticas apresenta-se um conjunto de problemas técnicos que os estudantes devem resolver usando os conhecimentos das aulas teóricas, e recorrendo a cálculos e consulta de tabelas ou catálogos. Promove-se o diálogo entre colegas, avaliando-se qualitativamente a participação dos alunos.

Avaliação:

Serão feitos minitests, elaborados de forma a que os alunos mostrem se são capazes de aplicar os conhecimentos adquiridos para resolver problemas práticos de engenharia, fazendo escolhas e tomando decisões.

Poder-se-á solicitar um trabalho de grupo escrito sobre partes específicas da matéria com o objetivo de melhorar a comunicação escrita e o trabalho em equipa, ou um trabalho laboratorial com objetivos idênticos. Ambas as componentes serão consideradas para a avaliação final do estudante.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Scientific principles are explained by professor at theoretical classes, supported by slides presentation. Students oral communication are stimulated through debate around technical and scientific questions.

In practical classes a group of technical problems are presented to be solved by students based on theoretical classes, calculations and catalogs information interpretation. The dialog between students are promote, and qualitative evaluation are made.

Evaluation:

Written tests will be made structured in a way that students show if they are able to apply the knowledge acquire during theoretical and practical classes.

A team work (with final report) could be requested focus some specific part of syllabus in order to improve written communication and team work skills. A laboratory work could also be asked with the same kind of objectives. Both

evaluation components (theoretical and practical) will be considered for the student final mark.

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

Durante as aulas, são desenvolvidas e testadas as competências dos estudantes através da apresentação de problemas de carácter técnico que visam a aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos na unidade curricular e respetiva integração com outros do quais deverão ser detentores. Com os problemas apresentados nas aulas práticas mostra-se a multidisciplinaridade envolvida em Tecnologia de Materiais para a Energia motivando-se os alunos para a detenção de um conhecimento integrado de matérias. Estimula-se o debate para melhorar a capacidade de argumentação dos alunos e correspondente comunicação oral.

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

During classes, student's skills are tested and developed through the presentation of technical problems that must be solved using theoretical and practical knowledge acquired at classes, often integrating others that they should possess. Problems presented at practical classes often show multi-disciplinarity of Materials Technology for Energy, encouraging students for the necessity of global knowledge acquisition. Debates are stimulated in order to improve argumentation skills and oral communication.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Pronto, Gonçalves A., *Análise de perdas em sistemas de energia que empregam materiais supercondutores de alta temperatura*, Tese de Doutoramento, Ed. FCT, 2010. <http://run.unl.pt/handle/10362/5116>
- Pronto, Gonçalves A., *Diapositivos de Tecnologia de Materiais para a Energia*, FCT, Caparica, 2011.
- Jones, Ian P., *Materials Science for Electrical and Electronic Engineers*, Oxford University Press, UK, 2001. ISBN 0-19-856294-2.
- Bolton, W., *Electrical and Magnetic Properties of Materials*, Longman Scientific & Technical, UK, 1992. ISBN 0-582-07025-2.
- Xavier Moya, David Muñoz-Rojas, *Materials for Sustainable Energy Applications*, Taylor & Francis Group, LLC, 2016. ISBN 13: 978-981-4411-82-0
- Christopher Rey, *Superconductors in the Power Grid, Materials and Applications*, Woodhead Publishing Series in Energy, Number 65, Elsevier Ltd, 2015. ISBN 978-1-78242-037-8
- Anderson J.C., Leaver, K.D., Rawlings, R.D., Alexander, J.M., *Materials Science*, Chapman and Hall, 4th ed., 1990. ISBN 0412341506.

Mapa IV - Gestão de Energia Elétrica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Gestão de Energia Elétrica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical Energy Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:56

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

João Francisco Alves Martins – TP:56

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

<sem resposta>

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

Pretende-se desenvolver nos estudantes a capacidade de abordar, de forma crítica, as questões relacionadas com a gestão de energia elétrica e eficiência energética. Espera-se que os estudantes desenvolvam competências para resolver problemas relacionados, adquirindo uma maior capacidade de autonomia, de gestão do tempo e de tratamento da informação disponível em situações concretas de análise. Sendo as questões relacionadas com a gestão de energia, muitas vezes, multidisciplinares, os estudantes devem também desenvolver competências de trabalho em equipa, com boa capacidade de apresentação escrita e oral.

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

Students are expected to develop the ability to critically address issues related with electricity management of energy efficiency. Students are expected to develop skills to solve related problems, gaining greater autonomy, time management skills and handling of available information in specific related situations. Since energy management issues are often multidisciplinary, students should also develop teamwork skills with good written and oral presentation skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Gestão de Energia Elétrica – Introdução
Eficiência Energética e Comissionamento
Qualidade de Energia
Eficiência Energética em Sistemas de Força Motriz
Eficiência Energética em Edifícios
Auditorias Energéticas*

4.4.5. Syllabus:

*Electrical Energy Management - Introduction
Energy Efficiency and Commissioning
Power Quality
Energy Efficiency in Electrical Drive Systems
Energy Efficiency in Buildings
Energy Audits*

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

O programa foi concebido por forma a abordar de forma integrada e evolutiva as questões relativas à gestão de energia. No primeiro módulo são apresentados os conceitos gerais de gestão de energia elétrica e de eficiência energética. No segundo módulo é apresentado o conceito de eficiência energética e a sua relação com o conceito de comissionamento. No terceiro módulo são abordadas as questões associadas com a qualidade da energia elétrica, relacionando-as com a eficiência energética. No quarto módulo são apresentadas medidas de eficiência energética em sistemas de força motriz. No quinto módulo são estudadas medidas de eficiência energética em edifícios. Este estudo é orientado em duas vertentes: a dos edifícios NZEB e a dos sistemas de gestão técnica. No último módulo são apresentadas as auditorias energéticas como uma abordagem sistemática para a tomada de decisões na área da gestão de energia.

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

The syllabus has been designed to address energy management issues in an integrated and evolving way. The first module presents the general concepts of energy management and energy efficiency. The second module presents the concept of energy efficiency and its relation to the concept of commissioning. The third module deals with the issues associated with the quality of electric energy, relating them to energy efficiency. In the fourth module are presented energy efficiency measures in powertrain systems. In the fifth module, energy efficiency measures in buildings are studied. This study is oriented in two aspects: the NZEB buildings and the technical management systems. In the last module, energy audits are presented as a systematic approach to decision making in the area of energy management.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Os conceitos e técnicas são explicados pelo professor durante a parte teórica da aula e na parte prática os estudantes deverão testar os seus conhecimentos através da resolução de problemas, de estudos de caso, de ensaios laboratoriais e simulações computacionais.
Os estudantes são avaliados através de um trabalho individual (15%), um trabalho de grupo (35%) e dois mini testes (50%).*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques are explained, by the teacher, during theoretical part of the classes and during practical part students will test their knowledge by solving problems, address use cases, laboratory essays and computer simulations.

Students are assessed through one individual assignment (50%), one group assignment (35%) and two written examinations (50%). Individual works are similar to classroom practices.

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

Os objetivos da unidade curricular requerem não apenas uma compreensão dos conceitos, mas também uma capacidade de análise de situações concretas. Os problemas, ensaios e simulações estudados nas aulas práticas servem para os estudantes testarem e desenvolverem os seus conhecimentos através da resolução de problemas e de estudos de caso concretos.

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

The objectives of the course require not only an understanding of the concepts, but also a capacity ability of concrete situations. Problems, tests and simulations, studied in practical classes, are meant for students to test and develop their knowledge by solving problems and concrete case studies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- IEA, *World Energy Outlook 2014*, International Energy Agency, 2014 (ISBN: 978-92-64-20805-6)^{[1][2]}
(<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014.pdf>)
- Evan Mills, "Building Commissioning - A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions," Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, July 21, 2009^{[1][2]} (<http://www.cabrillo.edu/~jjordan/LBNL-Cx-Cost-Benefit%20July%202009.pdf>)
- Mingsheng Liu, Jinrong Wang, Ken Hansen, Ann Selzer, "Continuous Commissioning Leading Energy Project Process - An Industry Approach" Proceedings of the Fifth International Conference for Enhanced Building Operations, Pittsburgh, Pennsylvania, October 11-13, 2005^{[1][2]}

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:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semestre

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Francisco Alexandre Ganho da Silva Reis – TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

Aquisição do conhecimento dos fundamentos científicos do estabelecimento e propagação de sobretensões e do estabelecimento da disrupção, e conhecimento das soluções técnicas de proteção de sobretensões.

Capacidade de modelização e simulação de transitórios eletromagnéticos.

Aquisição das capacidades de analisar e projetar proteções e de coordenar isolamentos.

Introdução a outro tipo de transitórios como sejam transitórios eletromecânicos.

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

Acquisition of the knowledge about: the scientific foundations of overvoltages' propagation and of disruption occurrence; the technical solutions for the protection against overvoltages.

Capability for modeling and simulating power system electromagnetic transients.

Acquisition of the skill for analyzing and designing protections and insulation coordination.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1)- Campo elétrico. Cálculo de campos de linhas e outros objetos. Influência da terra.
- 2)- Disrupção. Tipos de disrupção. Disrupção em gases, sólidos e líquidos. Características das descargas. Descargas parciais. Efeito de coroa.
- 3)- Descargas atmosféricas. Modelo eletrogeométrico. Propagação de sobretensões em linhas. Proteções.
- 4)- Simulação de descargas. Deformação de sobretensões devido aos efeitos de coroa e pelicular.
- 5)- Medições em Alta Tensão. Medições de descargas parciais e de Descargas Eletro Estáticas.
- 6)- Proteção. Dimensionamento de para raios, descarregadores e cabos de guarda.
- 7)- Introdução à coordenação de isolamento.
- 8)- Introdução aos transitórios eletromecânicos

4.4.5. Syllabus:

- 1) Electrical Field. Computation of overhead lines' field. Earth influence.
- 2) Disruption. Types of Disruption. Disruption in gasses, liquids and solids. Discharges' characteristics. Partial discharges. Corona effect.
- 3) Lightning. Electrogeometrical model. Overvoltage surges' propagation in overhead lines. Protection.
- 4) Simulation of discharges. Surges' deformation due to corona and skin effects.
- 5) High Voltage Measurements. Measurements of partial discharges and of ESD
- 6) Protection. Design of lightning rods, surge arresters and overhead ground wires.
- 7) Introduction to insulation coordination.
- 8) Introduction to electromechanical transients.

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

O curso inicia-se com o estudo das propriedades do campo eletrostático e métodos do seu cálculo, e a seguir são estudados os mecanismos físicos da disrupção e da descarga atmosférica, e a propagação das sobretensões nas linhas. As soluções técnicas de proteção contra sobretensões consiste no estudo da influência dos cabos de guarda, para-raios e pára-sobretensões, características destes e forma de os usar, o que é feito nos capítulos 3 e 6. Os capítulos 4 e 5 conferem as bases para a utilização de simulações e ensaios laboratoriais. A capacidade de analisar e projetar proteções e de coordenar isolamentos é dada pelos capítulos 6 e 7. No capítulo 7 é dada uma introdução aos métodos estatísticos de coordenação. Finalmente no capítulo 8 dar-se-á uma breve introdução aos transitórios eletromecânicos.

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

The course starts with the study of the electrostatic field's properties and its computing methods and then the disruption's and lightning's physical mechanisms, as well as the overvoltages propagation in overhead lines, are studied. The technical solutions for the protection against overvoltages consists in the study of the influence of overhead ground wires, lightning conductors and surge arresters, their characteristics and use, which is made in chapters 3 and 6. Chapters 4 and 5 give the basis for using simulations and laboratorial essays. The skill for analyzing and designing protections and insulation coordination is given by chapters 6 and 7. In this chapter 7 an introduction to the statistic methods in coordination is given. Finally, Chapter 8 will give a brief introduction to electromechanical transients.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A matéria é lecionada numa aula teórico-prática semanal de 2 horas, onde é exposta a teoria e são dados exemplos e exercícios. Noutra aula prática semanal de 2 horas, mais exercícios e problemas são resolvidos. Também durante essas aulas, são feitos trabalhos laboratoriais sobre disrupção, no Laboratório de Alta Tensão do DEE – FCT/UNL, sujeitos a relatório obrigatório. Uma aula especial é feita no Laboratório de Alta Tensão do LABLEC (EDP), também com relatório obrigatório. Simulação com recurso a software ATP-DRAW complementa a componente teórica e de exercícios.

*A média das classificações destes trabalhos constitui a nota de Laboratório, NL. Um trabalho teórico sobre estudo e cálculo de campo de linhas ou outros dispositivos é feito pelos alunos, fora das aulas; a sua classificação é a Nota do Trabalho, NT. Um exame final avalia os conhecimentos teóricos adquiridos, com uma nota NE. A nota final NF da cadeira é $NF=0,3*NL+0,3*NT+0,4*NE$.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Taught in a weekly 2h theoretical-practical class, in which the theory examples and problems are exercised plus 2h practical class with further examples and problems.

A group of laboratorial works on disruption are conducted, in the HV Lab of DEE – FCT/UNL. A special practical class is made in the High Voltage laboratory of LABLEC (EDP), with mandatory reports. Simulation using ATP-DRAW software complements this component.

*The average of these reports' classification constitutes the Laboratorial Mark, NL. A study of the electric field of overhead lines or other devices is made and its classification is NT. With the mark achieved in a final exam NE the discipline's final classification NF is $NF=0.3*NL+0.3*NT+0.4*NE$.*

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

A parte teórica da matéria é lecionada por aulas teóricas, suportadas na projeção de figuras e imediatamente aplicada a exemplos e exercícios, o que se adequa à aquisição do conhecimento dos fundamentos científicos. Os vários exemplos e exercícios conferem a capacidade de analisar e projetar as proteções. O trabalho teórico realizado faz aprofundar os conhecimentos fundamentais e também perceber os aspetos mais técnicos do sistema estudado. A parte laboratorial põe os estudantes em contacto com a realidade física dos fenómenos e com os equipamentos de Alta Tensão e a componente de simulação complementa a aquisição de conhecimentos.

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

The theoretical part of the matter is taught in classic theoretical classes, supported in the projection of figures and immediately applied to examples and exercises. This is adequate for the acquisition of the knowledge about the scientific foundations of the matter. The several examples and exercises give the skill for analyzing and designing protections. The theoretical work deepens the fundamental knowledge and also highlights the technical aspects of the devices studied. The laboratorial part puts the students in contact with the High Voltage phenomena and equipment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Kuffel, E. ; Zaengl, W., *High-Voltage Engineering*, Pergamon Press, Oxford, 1984
- Naidu, M.; Karamaju, V., *High Voltage Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1995
- Begamudre, R., *Extra High Voltage AC Transmission Engineering*, New Age International (P) Limited, Publishers, Bangalore, 1990
- Hileman, A.R., *Insulation Coordination for Power Systems*, Marcel Dekker, Inc, 1999
- Kundur, P., *Power System Stability And Control*, 1994

Mapa IV - Mobilidade Elétrica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mobilidade Elétrica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electric Mobility

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

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 Francisco Alves Martins - TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Pretende-se que os alunos obtenham conhecimentos nas questões relacionadas com a mobilidade elétrica, nomeadamente nos cenários energéticos associados e nas tecnologias utilizadas. Será dada particular atenção aos sistemas de tração elétrica ferroviária e rodoviária, onde os alunos devem analisar as condicionantes dos sistemas e dimensionar os sistemas de acionamento. Os alunos deverão ser capazes de identificar as principais soluções utilizadas nos anteriores sistemas de tração elétrica, efetuar o cálculo de grandezas fundamentais e dimensionar componentes dos seus sistemas.

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

Students are expected to gain knowledge on issues related to electrical mobility, particularly in the associated energy scenarios and used technologies. Particular attention will be given to rail and road electric traction systems, where students must analyze and design drive systems. Students should be able to identify the main solutions used, make the calculation of fundamental quantities and choose components of electric traction systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Conceitos iniciais.**Padrões de mobilidade e diferentes cenários energéticos de transporte.**Tecnologias de acionamento em mobilidade elétrica.**Tração ferroviária. Rede europeia e nacional. Eletrificação. Equações de movimento e forças (dinâmica). Cálculo de grandezas fundamentais (resistência ao rolamento, esforço de tração, aceleração velocidade, potência e energia).**Instalações mecânicas ferroviárias. Classificação de locomotivas.**Motorização DC e AC e técnicas de comando. Travagem regenerativa. Técnicas alternativas de motorização, motores lineares e levitação magnética.**Acoplamentos mecânicos (elásticos e rígidos). Caixas redutoras de velocidade para tração ferroviária e rodoviária.**Tração rodoviária. Veículos elétricos e híbridos. Equações de movimento e forças desenvolvidas (dinâmica).**Sistemas de armazenamento de energia em mobilidade elétrica.**Agregadores para mobilidade elétrica. Integração de renováveis e gestão de fluxo energético.***4.4.5. Syllabus:***Initial concepts of electric mobility.**Mobility patterns and different transportation energy scenarios.**Drive technologies used in electric mobility.**Railway traction. National and European network. Electrification. Motion equations and developed forces (dynamic movement). Calculation of fundamental quantities (rolling resistance, tractive effort, acceleration, speed, power and energy). Mechanical railway installations: catenary, pantograph and bogies. Locomotives' classification.**DC and AC motors and control. Regenerative braking. Alternative techniques of motorization, linear motors and magnetic levitation.**Mechanical couplings (rigid and elastic). Speed gearboxes.**Electrical vehicles traction. Electric and hybrid vehicles. Motion equations and developed forces (dynamic movement).**Energy storage systems for electric mobility (H2, batteries and supercapacitors).**Electric mobility hubs. Renewables integration and energy routing.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

Os conteúdos programáticos estão organizados de modo a transmitir aos alunos os conhecimentos necessários a atingir os objetivos definidos, de uma forma sequencial. Começando com o estudo de conceitos gerais de tração, será estudada primeiro a questão da tração ferroviária (numa perspetiva de dinâmica do movimento). Será depois abordada a questão das motorizações e respetivo controlo, onde será feita a ligação para o tema da tração rodoviária. Por fim analisam-se os sistemas de armazenamento de energia em veículos. Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar e dimensionar os vários sub-sistemas estudados nas aulas teóricas.

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

The syllabus is organized in order to give students (in a sequential manner) the needed knowledge to achieve the defined objectives. Beginning with the study of general concepts of traction, first the issue of railway traction will be studied (from the perspective of dynamic movement). Then the issue of the motorization and its control will be addressed, which will be linked with road traction. Finally vehicles' energy storage systems are discussed. In practical classes, students develop the ability to analyse and design the various sub-systems studied in the lectures.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas são explicados pelo professor nas aulas teóricas. Nas aulas práticas os estudantes deverão testar os seus conhecimentos através da resolução de problemas, de ensaios laboratoriais e simulações computacionais.

Os estudantes são avaliados através de dois trabalhos individuais (50%) e dois mini testes (50%), sendo que os trabalhos individuais são similares aos trabalhos efetuados em aula prática.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques are explained, by the teacher, in theoretical classes. In practical classes students will test their knowledge by solving problems, laboratory essays and computer simulations.

Students are assessed through two individual assignments (50%) and two written examinations (50%). Individual works are similar to classroom practices.

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

Os objetivos da unidade curricular requerem não apenas uma compreensão dos conceitos, mas também uma capacidade de análise de situações concretas. Os problemas, ensaios e simulações estudados nas aulas práticas servem para os estudantes testarem e desenvolverem os seus conhecimento através da resolução de problemas e de estudos de caso concretos (por exemplo: ensaio de sistemas de tração e respetivo controlo, simulação de dinâmica de veículos).

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

The objectives of the course require not only an understanding of the concepts, but also a capacity ability of concrete situations. Problems, tests and simulations, studied in practical classes, are meant for students to test and develop their knowledge by solving problems and concrete case studies (eg, test drive systems and their control, vehicle dynamics simulation).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Sabrina Lamberth-CoCCa, miChaeLa FriedriCh – Success with electric mobility, Case studies of user-friendly services and innovative business models, Fraunhofer iao, 2016

Roger Kaller, Pierre Chapas, Michel Comte e Jean-Marc Allenbach – Traction Électrique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2008

Modern electric vehicle technology. C. C. Chan, K. T. Chau. New York : Oxford University Press, 2001 Theory of ground vehicles. J. Y. Wong, John Wiley & Sons

João Palma – Acionamentos Eletromecânicos. Ed. Gulbenkian

Bimal Bose - Power Electronics and Motor Drives, Elsevier, 2006

Mapa IV - Supercondutividade Aplicada a Sistemas de Energia Elétrica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Supercondutividade Aplicada a Sistemas de Energia Elétrica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Superconductivity for Electrical Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*T:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Miguel Murta Pina – T:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:*

- *Compreender os conceitos e fenómenos fundamentais da supercondutividade e materiais supercondutores.*
- *Compreender as especificidades dos diferentes tipos de materiais supercondutores (alta e baixa temperatura, tipo I e tipo II).*
- *Ser capaz de realizar cálculos termodinâmicos relacionados com o projeto de sistemas criogénicos.*
- *Ser capaz de analisar sistemas com materiais supercondutores pelo método dos elementos finitos.*
- *Conhecer as principais aplicações de supercondutores de alta temperatura em sistemas de energia elétrica (produção, transporte, distribuição, utilização e armazenamento de energia).*
- *Conceber e fazer cálculos relativos ao dimensionamento prévio das aplicações de supercondutores em sistemas de energia elétrica.*
- *Conhecer as principais técnicas experimentais associadas à supercondutividade, para medição de grandezas eletromagnéticas.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*In the end of the course, the student should have acquired knowledge, skills and competences that will allow him/her:*

- *Understanding the fundamental concepts and phenomena of superconductivity and superconducting materials.*
- *Understanding the particularities of the different types of superconducting materials (high and low temperature, type I and type II).*
- *Being able to perform thermodynamic calculations related to the project of cryogenic systems.*
- *Being able to analyse systems with superconducting materials by the finite elements method.*
- *Knowing the main applications of high temperature superconductors in electrical energy systems (generation, transmission, distribution, use and energy storage).*
- *Conceiving and performing calculations relatively to the preliminary design of superconducting applications in electric energy systems.*
- *Knowing the main experimental techniques associated to superconductivity, for the measurement of electromagnetic properties.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Propriedades fundamentais da supercondutividade.*
- *Materiais supercondutores e seus processos de fabrico.*
- *Técnicas experimentais em ambiente criogénico.*
- *Perdas AC.*
- *Simulação de sistemas supercondutores por elementos finitos.*
- *Sistemas criogénicos.*
- *Aplicações supercondutoras para geração, transporte, distribuição, utilização e armazenamento de energia elétrica: estudo de casos e modelização.*

4.4.5. Syllabus:

- *Fundamental properties of superconductivity.*
- *Superconducting materials and their manufacturing processes.*
- *Experimental techniques in cryogenic environment.*
- *AC losses.*
- *Simulation of superconducting systems by finite elements.*
- *Cryogenic systems.*
- *Superconducting applications for the generation, transmission, distribution, use and electrical energy storage: case studies and modelling.*

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

Na disciplina introduzem-se os aspetos essenciais da supercondutividade e materiais supercondutores, seu fabrico, técnicas experimentais, perdas AC, simulação e sistemas criogénicos, para então se passar ao estudo detalhado de distintos exemplos de aplicação em sistemas de energia elétrica. Estes são bastante diversos e com variadas especificidades, entendendo-se adequado estudar vários exemplos.

As aplicações a focar são:

- *Produção: geradores eólicos off-shore.*
 - *Transporte: controladores do fluxo de potência.*
 - *Distribuição: cabos de energia, limitadores de corrente de curto-circuito.*
 - *Utilização: comboios de levitação magnética, motores.*
 - *Armazenamento: volantes inerciais, sistemas de armazenamento em bobinas supercondutoras.*
- Em todos os exemplos serão analisados modelos que possibilitem o projeto e simulação destes sistemas.*

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

In this course the fundamental aspects of superconductivity and superconducting materials are introduced, as its manufacturing, experimental techniques, AC losses, simulation and cryogenic systems, allowing the detailed analysis of distinct applications in electric energy systems. These are diversified and with several specificities, for which the study of different examples is considered

The focused applications are:

- *Generation: off-shore wind generators.*
- *Transmission: power flow controllers.*
- *Distribution: energy cables, fault current limiter.*
- *Use: magnetic levitation trains, motors.*
- *Storage: flywheels, superconducting magnetic energy storage.*

In all the above examples the models that allow designing and simulating those systems are analysed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os diferentes conceitos, técnicas e teorias são explicadas pelo professor com o auxílio de diapositivos e de demonstradores disponíveis na FCT NOVA (nas aulas teóricas), com os quais os alunos realizarão atividades laboratoriais ou de demonstração (nas aulas práticas). Ambos são preparados para as aulas pelo professor, sendo que os últimos permitem verificar ou analisar distintos comportamentos e regimes de operação.

Os alunos resolvem problemas disponibilizados nos diapositivos, de forma semiautónoma, assim como pequenos projetos relacionados com as matérias abordadas.

A avaliação é feita mediante testes individuais (60% da nota final), assim como um projeto feito em grupo, relativo a uma aplicação de supercondutores em sistemas de energia elétrica, incluindo apresentação e discussão (até três elementos, 40% da nota final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The distinct concepts, techniques and theories are explained by the lecturer with the support of slides and demonstrators available at FCT NOVA (in the theoretical classes), with which students execute laboratory or demonstration activities (in practical classes). These are prepared for the classes by the lecturer, and the latter allow verifying or analysing distinct behaviours and operation regimes.

Students assess their skills through semiautonomous resolution of sets of problems, available in the slides, as well as small projects related with the subjects.

Evaluation is made by means of two tests (60% of the final grade), and one group project, focusing one practical case of the application of superconductivity in electrical energy systems, including its presentation and discussion (up to three elements, 40% of final grade).

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

A parte expositiva da unidade curricular visa dotar os alunos das bases teóricas e conceptuais que lhes permitam analisar distintos conceitos e tecnologias de supercondutividade aplicada.

A perceção do entendimento dos alunos é aferida frequentemente com recurso ao método interrogativo, e com a promoção da sua participação ativa na resolução de exemplos.

A realização de um projeto aplicado e a resolução de exercícios, a par com uma componente demonstradora laboratorial intensiva, permite o desenvolvimento de competências em problemas não só no âmbito exclusivo do que foi ensinado, mas também novos, contribuindo para o desenvolvimento de espírito crítico e capacidade de generalização.

Complementarmente, são indicados artigos técnicos e científicos como bibliografia secundária, de modo a motivar os alunos para temáticas de investigação.

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

The expositive part of the course aims to provide students with theoretical bases that allow analyse distinct concepts and technologies of applied superconductivity.

Students' understanding is often assessed, by means of interrogative method, as well as promoting their active participation in examples solving.

The development of an applied project and the resolution of exercises, together with an intensive laboratory component, allows developing competences in problems that go beyond the exclusive scope of subjects taught, but comprise also new situations, concurring to the development of critical thinking and generalisation skills.

Complementarily, technical and scientific papers are suggested as secondary literature, in order to motivate students for research themes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- J. Murta Pina, “Desenho e Modelização de Sistemas de Energia Empregando Materiais Supercondutores de Alta Temperatura”, *Dissertação de Doutoramento, FCT NOVA, 2010.*
- Y. Wang, “Fundamental Elements of Applied Superconductivity in Electrical Engineering”, John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2013.
- S. Kalsi, “Applications of High Temperature Superconductors to Electric Power Equipment”, John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- *Artigos técnico-científicos disponibilizados aos alunos ao longo do semestre / Techno-scientific papers made available for students throughout the semester.*

Mapa IV - Instalações Elétricas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Instalações Elétricas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electric Installations

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Pedro Miguel Ribeiro Pereira – TP:28

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

João Francisco Alves Martins – PL:28

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

Esta disciplina tem como objetivo dar aos estudantes a capacidade de calcular e projetar uma instalação elétrica quer doméstica, quer industrial. Os alunos desenvolverão trabalho com base na legislação em vigor nas áreas das instalações elétricas de edifícios habitacionais, comerciais ou de uso profissional (Tipo C).

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

This course aims to give students the ability to calculate and design either domestic or industrial electrical installations. Students will develop their work based on current legislation in the areas of electrical installations of residential, commercial or professional usage buildings (Type C).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.*
- *Normalização, simbologia e equipamentos.*
- *Balanço de cargas. Potência instalada, útil e contratada. Potências mínimas e potências recomendadas.*
- *Coeficientes de utilização, simultaneidade e evolução.*
- *Estrutura da rede de alimentação.*
- *Cálculo luminotécnico.*
- *Canalizações eléctricas. Condutores, cabos e canalizações. Dimensionamento dos condutores eléctricos.*
- *Proteção de canalizações. Alimentação de força motriz.*
- *Regimes de neutro. Eléktrodo de terra. Terra de proteção e terra de serviço. Proteção de pessoas.*
- *Quadros eléctricos.*
- *Alimentação de emergência e de socorro. Grupos de emergência.*
- *Qualidade energia.*
- *Compensação do fator de potência.*
- *Sistemas de Gestão Técnica.*

4.4.5. Syllabus:

- *Technical Rules for Low Voltage Electrical Installations.*
- *Standardization, symbology and equipment.*
- *Load balance. Installed, useful and contracted power. Minimum and recommended power. Usage, simultaneity and evolution ratios.*
- *Supply network structure.*
- *Luminous calculation.*
- *Electrical circuits. Conductors and cables. Design of electrical conductors. Cabling protection. Electrical drives.*
- *Neutral schemes. Ground electrodes. Protection and service ground. Protecting People.*
- *Switchboards.*
- *Emergency supply and emergency groups.*
- *Power quality.*
- *Power factor correction.*
- *Building Management Systems.*

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

Os conteúdos programáticos foram escolhidos por forma a que, no âmbito das Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão e das regras de boa arte, os estudantes adquiram competências que lhes permitam a elaboração projetos de instalações eléctricas do tipo C (instalações alimentadas por uma rede de distribuição de serviço público em baixa tensão ou instalações de carácter permanente com produção própria em baixa tensão até 100 kVA, se de segurança ou de socorro).

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

The course contents have been chosen so that, under the Technical Rules of Low Voltage Electrical Installations and state of the art rules, students acquire the necessary skills to design type C electrical installations (installations supplied by a distribution network of public service at low voltage or permanent installations with very low output voltage, up to 100 kVA, if emergency).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas básicos são explicados pelo professor nas aulas teórico-práticas com o auxílio de diapositivos. São apresentação os diferentes conceitos e critérios, bem como a descrição de metodologia para a elaboração de um projeto.

Nas aulas práticas os estudantes deverão testar os seus conhecimentos através de exemplos de aplicação concretos, com exemplificação de cálculos e dimensionamento de instalações. Os estudantes deverão ainda pesquisar materiais e equipamentos através da consulta de catálogos.

A avaliação é efetuada através da elaboração de um projeto (dividido em duas partes – dois trabalhos individuais/grupo que contabilizam 50% da nota final) e da resolução de mini testes ou exame (50% da nota final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The basic concepts and techniques are explained by the teacher in the classroom with the help of slides. Different concepts and criteria, as well as the description of design methodology are addressed.

In practical classes students will test their knowledge through practical application examples, with illustrative calculations and design of electrical installations. Students should choose materials and equipment by catalogues consulting.

The assessment is done by designing a project (divided into two parts - two individual/group assignments which lead to 50% of the final mark) and the resolution of written tests or a final written examination (50% of the final grade).

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

As duas componentes metodológicas (TP e PL) estão articuladas com os objetivos da unidade curricular por forma a que os estudantes sejam capazes de elaborar um projeto de instalações elétricas do tipo C. Os conceitos inerentes aos temas estudados nas aulas teórico-práticas são aplicados em vários exemplos de dimensionamento trabalhados nas aulas práticas. Estes exemplos de dimensionamento serão a base para a execução do referido projeto.

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

The two methodological components (TP and PL) are linked with the objectives of the course so that students are able design a type C electrical installation. The concepts inherent to the studied topics, in the TP classes, are applied in various designing examples, in practical classes. These design examples will be the basis for the design assignment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. (Portaria nº 949-A/2006 de 11 de Setembro)*
- *Instalações Eléctricas de Baixa Tensão - Projecto, Execução e Exploração. Constantino Soares. CERTIEL.*
- *Técnicas e Tecnologias em Instalações Eléctricas. L. M. Vilela Pinto. CERTIEL.*
- *Guia Técnico das Instalações Eléctricas. Josué Moraes e José Pereira. CERTIEL, 2006.*
- *Tabelas Técnicas das Instalações Eléctricas. Hilário Nogueira e Josué Moraes. CERTIEL.*
- *InstalExpress. L. M. Vilela Pinto. CERTIEL.*
- *Instalações Eléctricas de Baixa Tensão – Projecto, Execução e Exploração – Constantino Soares – CERTIEL, 2006*

Mapa IV - Economia e Mercados de Energia Elétrica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Economia e Mercados de Energia Elétrica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Economy and Electrical Energy Markets

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Anabela Monteiro Gonçalves Pronto - T:28

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

Fernando Jorge Ferreira Lopes - PL:28

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

No final desta unidade curricular pretende-se que o aluno, cultivando o rigor científico, tenha adquirido conhecimentos fundamentais sobre mercados de energia elétrica e respetivos conceitos económicos associados, bem como o modo como a produção e o consumo de energia influenciam o meio ambiente. Pretende-se que o aluno adquira competências técnicas e científicas que lhe permitam, por exemplo, entender os fatores que determinam o preço da

energia elétrica e ser capaz de participar na negociação de energia, entendendo os tipos de mercados existentes. A modelização do mercado e o teste de vários cenários também será uma componente a desenvolver na UC. Paralelamente, pretende-se também desenvolver a comunicação oral e o trabalho em equipa dos alunos através da adoção de procedimentos adequados durante as aulas teóricas e práticas.

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

At the end of this course, the student should have acquired fundamental knowledge about electrical energy markets and the associated economic concepts, as well as how the generation and consumption of energy could affect the environment. The student should develop technical and scientific competences to understand, for example, how electricity prices are defined and how to participate in electricity negotiations, understanding the several types of markets. Market modelling and testing of different scenarios will be also developed in the course. Simultaneously, students' soft skills, such as oral communication and team work, will be developed through the adoption of adequate procedures during theoretical and practical classes.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Princípios básicos sobre a geração, transporte e distribuição de energia*
2. *Estrutura e arquitetura de Mercados de Energia*
3. *Fundamentos de microeconomia*
4. *Modelos de mercado: oferta, procura e formação de preços da energia em mercados competitivos*
5. *Mercados de energia elétrica: mercados diário, intradiário, a prazo, bilaterais, e de serviços de sistema*
6. *Despacho económico das centrais de energia elétrica*
7. *Mercado ibérico de eletricidade (MIBEL) e outros Mercados Europeus e Americanos*
8. *Impacto das energias renováveis no mercado de energia elétrica*
9. *Energia e alterações climáticas*
10. *Projeto final*

4.4.5. Syllabus:

1. *Basic principles of power generation, transmission and distribution*
2. *Architecture and structure of energy markets*
3. *Fundamentals of micro-economy*
4. *Market models: supply, demand and price formation in competitive markets*
5. *Electrical energy markets: day-ahead and intra-day markets, bilateral and OTCs, and ancillary services markets*
6. *Economic dispatch of power plants*
7. *The Iberian electricity market (MIBEL) and other European and American markets*
8. *Impact of renewable energies in energy markets*
9. *Energy and climate change*
10. *Final project*

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

Pretende-se dotar os estudantes de conhecimentos sobre mercados de energia elétrica e os conceitos económicos associados. Transmitem-se fundamentos de economia e energia, para que compreendam conceitos económicos associados à produção, transporte e distribuição de energia, e à formação de preços. Descreve-se a evolução do sector elétrico, e a competição na comercialização de energia elétrica. Analisa-se a estrutura e do mercado de energia, abordando aspetos da microeconomia e dos principais modelos de mercado existentes. Descrevem-se os principais tipos de mercados, diário e intradiário, a prazo, de contratação bilateral e de serviços de sistemas. Apresentam-se noções sobre o despacho das centrais e as opções e os constrangimentos associados à produção de energia. Apresentam-se os principais mercados Europeus e Americanos, e o MIBEL. Por fim, analisa-se o modo como a geração renovável pode alterar a formação de preços, e tem-se em conta o impacto do consumo de energia sobre o ambiente.

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

The UC objectives are teaching fundamental aspects about energy markets and associated economic aspects. Basics of economy and energy will be presented, to give students the capacity to understand economic aspects of generation, transmission and distribution of energy, and prices formation. The evolution of the electricity sector is described, as well as introduction of competition in the commercialization of energy. General architecture of energy markets is analyzed, fundamental aspects of microeconomics are addressed, and details about the main existing market models are presented. The course describes the main types of existing markets, namely the daily and intraday, the forward, the bilateral, and the ancillary services. Basics of power plants dispatch are also presented. The main European and American markets are described, emphasizing MIBEL. Finally, the way renewable generation can change the price formation and the impact of energy consumption on the environment, is analyzed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os fundamentos científicos são explicados pelo professor nas aulas teóricas com o auxílio de diapositivos. Fomenta-se o debate colocando frequentemente questões científicas e técnicas concretas. Os alunos são convidados a participar ativamente nas aulas, de modo a desenvolverem a curiosidade científica e o espírito crítico. Sempre que

possível, serão dados seminários sobre partes específicas da matéria, apresentados por especialistas na área. Nas aulas práticas apresenta-se um conjunto de problemas técnicos que os estudantes devem resolver usando os conhecimentos das aulas teóricas e pedir-se-á a execução de casos de estudo sobre o funcionamento dos principais mercados existentes, recorrendo ao sistema MATREM. A avaliação será feita por minitests e, eventualmente, por um projeto final sobre partes específicas da matéria, com o objetivo de melhorar a comunicação escrita e/ou o trabalho em equipa. Os elementos serão ponderados da seguinte forma: minitests (60%), projeto final (40%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The scientific principles are explained by the teacher at theoretical classes, supported by the presentation of slides. Oral communication of students is stimulated by debates involving technical and scientific questions. Also, the students are invited to participate actively in the class to develop scientific curiosity and critical thinking. Wherever possible, seminars on specific parts of the subject will be given by experts in the field. Practical classes present a set of technical problems that students must solve using the knowledge of lectures. These classes involve problem solving and the execution of case studies regarding the operation of the main existing markets, using the MATREM system. The evaluation will be done by minitests with a maximum duration of 90 min and a final project on specific parts of the subject will be also considered, to improve written communication and/or teamwork. The various elements would be weighted as follows: minitests (60%), final project (40%).

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

Durante as aulas, as competências dos alunos são desenvolvidas e testadas através da apresentação de problemas de carácter técnico que visam a aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo da disciplina, e a respetiva integração com outros conhecimentos, dos quais deverão ser detentores. Com os problemas apresentados e resolvidos nas aulas práticas pretende-se preparar os alunos para aspetos reais de âmbito económico e eletrotécnico ligados à produção, transporte e distribuição de energia e ao funcionamento dos respetivos mercados, motivando-os para a detenção de um conhecimento sustentado de matérias. Estimula-se o debate para melhorar a capacidade de argumentação dos alunos e a correspondente comunicação oral. O convite de especialistas para apresentarem palestras sobre partes específicas da matéria tem como objetivo transmitir aos alunos problemas reais e atuais relacionados com os mercados de energia elétrica.

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

During class, student's skills are developed and tested by presenting technical problems that should be solved using the theoretical and practical knowledge acquired, often integrating other knowledge that they should already possess. The problems presented at practical classes have the objective to prepare students to real economic and electro-technical aspects related to all stages of the electrical energy sector and the associated markets, motivating them to hold a sustained knowledge of matters. Debates are stimulated in order to improve argumentation skills and oral communication. The invitation of experts to present actual problems related to the course intends to give students a more realistic vision of the emerging area of energy markets.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Fernando Lopes, Helder Coelho, *Electricity Markets with Increasing Levels of Renewable Generation: Structure, Operation, Agent-based Simulation, and Emerging Designs*, Springer, 2018
- Daniel S. Kirschen, Goran Strbac, *Fundamentals of Power Systems Economics*, John Wiley & sons, Ltd, 2004
- Chris Harris, *Electricity Markets: Pricing, Structures and Economics*, John Wiley & sons, Ltd, 2006
- Steven Stoft, *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*, IEEE Press and Wiley Interscience, pp. 1–461, 2002.
- João T. Saraiva, José Silva, Teresa P. Leão, *Mercados de Eletricidade: Regulação e Tarificação do Uso das Redes*, pp. 1–293, Edições FEUP, 2002.
- A. Leite Garcia, João Santana, Maria J. Resende, Pedro Verdelho, *Sistema Elétrico: Análise Técnico-Económica*, Lidel – Edições Técnicas, pp. 1–352, 2016.
- Helder Pinto Junior, *Economia da Energia*, Elsevier, Ltda, 2007
- Subhes C. Bhattacharyya, *Energy Economics: concepts, Issues, Markets and Governance*, Springer, 2011

Mapa IV - Supervisão Inteligente

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Supervisão Inteligente

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Intelligent Supervision

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:*168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luis Manuel Camarinha Matos - T:4***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***João Almeida das Rosas - T:12**Ana Inês da Silva Oliveira - T:12; PL:28**André Dionísio Bettencourt da Silva Parreira Rocha - PL:56***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:**- Compreender:**(a) Conceitos fundamentais de supervisão inteligente**(b) Principais técnicas e mecanismos de implementação de planeamento, monitoração, diagnóstico, recuperação de erros e aprendizagem automática.**- Ser capaz:**(a) Conceber e analisar sistemas de supervisão;**(b) Modelar problemas de supervisão e selecionar ferramentas de suporte;**(c) Desenhar e programar os principais módulos dum sistema de supervisão inteligente;**(d) Integrar conhecimentos multidisciplinares em aplicações de supervisão;**(e) Aplicar diversas ferramentas de aprendizagem automática;**(f) Exercitar capacidade de trabalho em equipa e gestão de tempos.**.**- Conhecer:**(a) Os principais desafios de sistemas de supervisão inteligente e tecnologias de suporte;**(b) As principais abordagens e mecanismos;**(c) A estrutura de sistemas de supervisão inteligente.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of this course students will have acquired knowledge, skills and competences that will allow them to:**- Understand:**(a) Fundamental concepts of intelligent supervision;**(b) Key techniques and mechanisms for implementing planning, monitoring, diagnosis, error recovery and machine learning.**- Be able to:**(a) Design and analyze supervisory systems;**(b) Model supervision problems and select support tools;**(c) Design and program the main modules of an intelligent supervision system;**(d) Integrate multidisciplinary knowledge into supervision applications;**(e) Apply various machine learning tools;**(f) Exercising teamwork skills and time management.**.**- To know:**(a) The key challenges of intelligent supervision systems and supporting technologies;**(b) The main approaches and mechanisms;**(c) The structure of intelligent supervision systems.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. **INTRODUÇÃO:** Conceito de plano, objetivo, supervisão.
2. **SISTEMAS PERICIAIS DE TEMPO REAL:** Principais características dum SP de tempo real. Arquiteturas típicas.
3. **PLANEAMENTO E SUPERVISÃO:** Conceitos básicos de Planeamento. Execução. Interação planeador / executor.
4. **ARQUITETURAS DE SUPERVISÃO:** Arquitetura geral dum supervisor. Funcionalidades fundamentais: Despacho, monitoração, diagnóstico, recuperação. Funcionalidades adicionais: Prognóstico, apoio à manutenção preventiva. Representação de Erros e Exceções: Taxonomias, diagramas causais. Arquiteturas multinível. Sistemas baseados em conhecimento: Regras condição – ação; Assincronismo, Arquiteturas de quadro preto e multiagente.
5. **RACIOCÍNIO QUALITATIVO:** Motivação. Conceitos fundamentais de modelação qualitativa. Aproximações ao raciocínio qualitativo. Formalismos de Representação. Simulação. RQ e supervisão.
6. **APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM SUPERVISÃO:** Necessidade da aprendizagem em supervisão. Panorâmica de técnicas.

4.4.5. Syllabus:

1. **INTRODUCTION:** Concepts of plan and goal. Concept of supervision.
2. **REAL TIME EXPERT SYSTEMS:** Main characteristics of a real time ES.
3. **PLANNING AND SUPERVISION:** Base concepts of Planning. Execution. Interaction planner / executor.
4. **SUPERVISION ARCHITECTURES:** General architecture of a supervisor. Main functionalities: Dispatch and monitoring, Diagnosis, error recovery. Additional functionalities: Prognosis, preventive maintenance support. Representation of errors and exceptions: Taxonomies, causal diagrams. Multilevel architectures. Knowledge based systems: Condition - Action rules; asynchronism, blackboard and multiagent architectures.
5. **QUALITATIVE REASONING:** Motivation. Main concepts of qualitative modelling. Qualitative reasoning approaches. Representation formalisms. Simulation. QR and supervision.
6. **MACHINE LEARNING IN SUPERVISION:** Need for machine learning in supervision. Overview of machine learning techniques.

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

A área dos sistemas de supervisão inteligente envolve um largo espectro de matérias e conceitos. Começando pelos conceitos base e apresentando aos estudantes, ao longo do semestre, as diferentes formas e métodos que são utilizados na indústria, consegue-se fornecer uma panorâmica clara e abrangente sobre essa temática. É dado um particular ênfase ao contexto industrial.

Sendo as aulas teóricas complementadas com trabalho laboratorial, consegue-se cimentar a perspetiva de "saber fazer", bem assim como vários aspetos de competências não técnicas (através de trabalhos de grupo).

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

The area of intelligent supervision systems involves a broad spectrum of subjects and concepts. Starting with the basic concepts and presenting to the students, along the semester, the different ways and methods that are used in industry, the course provides a clear and comprehensive overview of this theme. Particular emphasis is put on the industrial context.

Since the theoretical classes are complemented with laboratory work, it is possible to cement the perspective of "know-how" as well as various aspects of non-technical skills (through group work).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A componente teórica da UC é levada a cabo através de aulas no formato de apresentações com discussão. A avaliação desta componente é contínua e é conseguida através da realização de mini-testes - Nota Teórica (NT). Na componente laboratorial da disciplina os alunos são convidados a desenvolver sistemas protótipo para o controlo e supervisão inteligente de kits de hardware existentes no laboratório (Armazém automático, Lavagem de automóveis automática, etc). Este percurso é iniciado por aulas no formato tutorial, por forma a dar um primeiro contacto com as tecnologias a utilizar, seguidas por sessões onde os alunos criam os sistemas solicitados, acompanhados pelo professor.

A componente prática é avaliada de forma contínua nas aulas, através dos trabalhos propriamente ditos, dos seus relatórios e de apresentações dos mesmos - Nota Prática (NP).

A Classificação Final CF é calculada seguindo a fórmula: $CF = CT * 0,5 + CP * 0,5$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical component of the course is carried out through lecture presentations. The evaluation of this component is continuous and is achieved through mini-tests - Theoretical Grade (TG).

In the laboratory component of the course students are invited to develop prototype systems for the Intelligent control and supervision of laboratory hardware kits (Automatic Warehouse, Cleaning auto, etc.). This course starts with tutorial format classes to provide a first contact with the technologies to be used, followed by sessions where students create the requested systems, accompanied by the teaching staff.

The practical component is continuously assessed in class, through the works themselves, their reports and presentations - Practical Grade (PG).

The Final Grade is calculated using the formula: $FG = TG * 0.5 + PG * 0.5$

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

Através das aulas teóricas no formato de apresentações dos conceitos envolvidos, bem assim como discussão dos métodos e técnicas utilizadas na indústria, os estudantes absorvem a matéria da UC. A realização de mini-testes ajuda a levá-los a estudar e consolidar tais conceitos ao longo do semestre. Com a realização de protótipos exemplificativos dos conceitos abordados nas aulas teóricas, os estudantes experimentam os conceitos e apercebem-se da sua importância. Para além disso, o facto de estes trabalhos serem realizados em constante interação com os Kits de Hardware realistas ("simuladores físicos") existentes nos laboratórios, introduz um elemento de motivação extra que resulta na vontade recorrente de experimentar mais além do que é solicitado.

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

*Through lectures in the format of presentations of the concepts involved, as well as discussion of the methods and techniques used in the industry, students absorb the subjects of the course.
The mini-tests motivate students to study and consolidate such concepts throughout the semester.
With the realization of prototypes illustrating the concepts addressed in the lectures, students experiment those concepts and realize their importance. In addition, the fact that these works are to be performed on existing realistic Hardware Kits ("physical simulators") in the labs, introduces an element of extra motivation that results in the often leads students to an urge to experiment beyond what is required.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- L. M. Camarinha-Matos, *Notas de Supervisão Inteligente (course handouts)*.
- University of Amsterdam. GARP3 - *Qualitative Modeling & Reasoning*.
- Conjunto de publicações selecionado. Exemplos: / *Selected articles. Examples: Ex: K. Moslehi, R. Kumar. Vision for a self-healing power grid. ABB Review 4, 2006, e outras.*
- *Reports on various machine learning tools.*

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:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José António Barata de Oliveira (Regente) – TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

1. Conhecer

1. *Conceitos fundamentais de Sistemas Autónomos (SA)*
2. *Conceitos fundamentais de Sistemas tele-Operados*
3. *O que são arquitecturas e os diferentes tipos que caracterizam os SA*
4. *A funcionalidade reactiva dos SA: sensores e perceção*
5. *A funcionalidade deliberativa dos SA: navegação, localização e mapeamento.*
6. *Conceitos fundamentais de planeamento*
7. *Conceitos fundamentais de Aprendizagem*
8. *Conceitos fundamentais de HRI*
9. *Conceitos fundamentais de sistemas multi robot*

2. Capaz de Fazer

1. *Equacionar problemas novos e estratégias de implementação de sistemas robóticos industriais e móveis*
2. *Aumentar a capacidade de programar robôs industriais e executar programas simples de robôs móveis.*
3. *Desenvolver a criatividade e inovação.*
3. *Competências não-técnicas*
 1. *Desenvolver a capacidade de síntese e análise crítica*
 2. *Trabalhar em equipa e incrementar a comunicação escrita e oral*
 3. *Capacidade de gestão de tempo e cumprimento de prazos*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**1. Understanding**

1. *Industrial Robots Main Components, types of geometry, and main parameters*
2. *Referentials and Homogeneous Transformations*
3. *Robot Kinematics: forward and Inverse*
4. *Trajectory Planning*
5. *Main Robot Sensors and their characteristics*
6. *Robot Vision*
7. *Mobile Robots Main Characteristics*
8. *Robot Perception and Localisation*
9. *Mobile Robots Kinematics*
2. *Able to Do*
 1. *Addressing new problems and implementing strategies in the domain of Industrial and Mobile Robots*
 2. *Increase the capacity to implement Industrial Robots Programs and simple mobile robots control programs, including accessing and processing their most relevant sensors*
 3. *Apply creativity and innovation*
3. *Non-Technical Competences*
 1. *Develop synthesis critical thinking*
 2. *Team working and increasing oral and writing communication skills*
 3. *Improve time keeping and compliance with meeting deadlines*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. INTRODUCTION**

1. *Historical Development*
2. *Robot Components*
3. *Robot Classifications & Parameters*

2. POSITION AND ORIENTATION

1. *Referentials & Orientation*
2. *Transformation Matrices*

3. ROBOT ARM KINEMATICS

1. *Forward and Inverse Kinematics*

4. TRAJECTORY PLANNING**5. ROBOT SENSORS [1]**

1. *Principles of Sensing*
2. *Sensors of Movement*
3. *Proximity and Ranging Sensors*

6. ROBOT VISION

1. *Camera Calibration*
2. *Images and Image Processing*
3. *Vision Based Control*

7. ROBOT PROGRAMMING**8. MOBILE ROBOTS**

1. *Introduction*
2. *Locomotion*
3. *Kinematics*
9. *MOBILE ROBOTS PERCEPTION*
 1. *Sensors for Mobile Robots*
 2. *Place Recognition*
 3. *Feature Extraction Based on Range Data (Laser, Ultrasonic)*

10. *MOBILE ROBOTS LOCALISATION*
 1. *The challenge of Localising*
 2. *Dead Reckoning (3.6.1)*
 3. *Localise with a map & SLAM*

11. MOBILE ROBOTS PLANNING & NAVIGATION

1. Reactive Navigation
2. Obstacle Avoidance – Bug algorithm and others
3. Map Based Planning

4.4.5. Syllabus:**1. INTRODUCTION**

1. Historical Development
2. Robot Components
3. Robot Classifications & Parameters

2. POSITION AND ORIENTATION

1. Referentials & Orientation
2. Transformation Matrices

3. ROBOT ARM KINEMATICS

1. Forward and Inverse Kinematics

4. TRAJECTORY PLANNING**5. ROBOT SENSORS [1]**

1. Principles of Sensing
2. Sensors of Movement
3. Proximity and Ranging Sensors

6. ROBOT VISION

1. Camera Calibration
2. Images and Image Processing
3. Vision Based Control

7. ROBOT PROGRAMMING**8. MOBILE ROBOTS**

1. Introduction

2. Locomotion

3. Kinematics

9. MOBILE ROBOTS PERCEPTION

1. Sensors for Mobile Robots
2. Place Recognition
3. Feature Extraction Based on Range Data (Laser, Ultrasonic)

10. MOBILE ROBOTS LOCALISATION

1. The challenge of Localising
2. Dead Reckoning (3.6.1)
3. Localise with a map & SLAM

11. MOBILE ROBOTS PLANNING & NAVIGATION

1. Reactive Navigation
2. Obstacle Avoidance – Bug algorithm and others
3. Map Based Planning

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

A lista de tópicos e sua sequência visam facilitar a aquisição das competências definidas para esta área. Os exemplos apresentados nas aulas T contribuem para uma ilustração da aplicação dos conceitos de fundamentais sobre robôs industriais e móveis. Os mini-testes ao longo do semestre permitem aferir que os alunos atingiram os objetivos propostos para a UC. Durante as aulas PL, que decorrem em lab., os alunos são confrontados com problemas práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos propostos na disciplina. De acordo com o referido programa, durante estes trabalhos, os alunos aprendem os conceitos fundamentais de programação de robôs industriais e móveis e a utilizar os diferentes sensores. Esta é também uma das UC onde se incentiva o trabalho em equipa e respetiva gestão. Os trabalhos a realizar nas PLs suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados. O trabalho realizado na TP e na PL está em consonância com a aquisição e competências não técnicas.

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

The list of topics and their sequence aim at facilitating the acquisition of skills defined as objectives for this area. The examples presented during the theoretical lectures help illustrating the concrete concepts application of industrial and mobile. During the semester, students are given mini-tests, which allow to perceive if they have acquired the proposed objectives.

Practical lessons are made in laboratory, in which the students are presented with concrete problems and situations requiring real-time modelling approaches.

As established in the syllabus, during these studies, students learn the fundamental concepts for programming industrial and mobile robots and to use the different sensors.

This is also one of the units where teamwork and its management is encouraged.

The work to be carried out in the PLs supports the acquisition of knowledge and the know-how to make statements. The work carried out in TP and PL is in line with the acquisition of non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas (TP) são dirigidas de forma a que os estudantes, através da sua participação ativa, compreendam cada um dos tópicos listados nos objectivos de aprendizagem.

Nas aulas laboratoriais (PL) os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer.

Para cada trabalho prático:

- Apresentação do enunciado,
- tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar,
- discussão do método de trabalho,
- realização do trabalho pelos alunos acompanhados por docente e
- elaboração de relatório.

Componentes de Avaliação

1. 2 Mini-Testes

2. 3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação

1. Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2

2. Nota Teórica ≥ 9.5

3. Cada Trabalho Prático ≥ 9.5

*4. Nota Prática = TP1 * Peso1 + TP2 * Peso2 + TP3*Peso3 ; Pesos são anunciados no início da UC*

*5. Nota Final = Nota Prática * 0.6 + Nota Teórica * 0.4*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (TP) are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In laboratory classes (PL) students focus on the experimentation of the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do.

For each practical work:

- Presentation of the work,
- tutorial on the technology / tools to use,
- discussion of the work method,
- realization of the work by the students accompanied by teachers, and
- preparation of report.

Evaluation Components

1. 2 Mini-Tests

2. 3 Practical Works

Evaluation Rules

1. Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2

2. Theoretical Mark ≥ 9.5

3. Each Practical Work ≥ 9.5

*4. Practical Mark = TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3*Peso3 ; Weights to be announced at the beginning of UC*

*5. Final Mark = Practical Mark * 0.6 + Theoretical Mark * 0.4*

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

A unidade inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial.

Mediante a realização dos testes teóricos e dos trabalhos de laboratórios, podemos certificar que os alunos estão a atingir os resultados propostos para a disciplina.

Ao nível teórico, a realização dos testes permite aferir até que ponto os alunos assimilaram os conceitos de modelação e programação de robôs industriais e móveis, bem como os aspetos fundamentais da utilização e programação dos sensores fundamentais utilizados.

Em relação aos trabalhos de laboratório os alunos utilizam ferramentas, linguagens de programação e gráficas para modelar e desenvolver as soluções para os problemas propostos. Desta forma, a realização destes trabalhos, obriga a utilizar os conceitos e métodos de modelação do âmbito desta disciplina.

Para além disso, os alunos trabalham em grupo de forma a desenvolverem um espírito colaborativo na resolução de problemas em equipa.

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

This course includes a theoretical component and a lab component.

We can certify that teaching methodologies are coherent with the learning outcomes, through the realization of tests and lab works during the semester, in which we evaluate how well students are learning the proposed concepts modelling and programming of industrial and mobile robots, and the fundamental concepts to access and program the most important sensors used by the robots.

At a practical level, during the lab lessons, students use tools and both programming and graphical languages to

model systems and solve system integration problems. The realization of these works implies the use of concepts and modelling approaches proposed in this discipline.

Furthermore, during the lab lessons, the students are organized in small groups, allowing them to work in collaboration and developing a team-based spirit, which allows to leverage the effort developed in the resolution of the proposed problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Corke, P. (2017) *Robotics, Vision and Control*. Cham: Springer International Publishing (Springer Tracts in Advanced Robotics). doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-54413-7>
2. Jazar, R. N. (2010) *Theory of Applied Robotics*. Boston, MA: Springer US. <http://doi.org/10.1007/978-1-4419-1750-8>
3. Kelly, A. (2013) *Mobile Robotics, Mobile Robotics: Mathematics, Models, and Methods*. New York: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9781139381284>
4. Mihelj, M. et al. (2019) *Robotics*. Cham: Springer International Publishing. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-72911-4>
5. Ripka, P. and Tipek, A. (eds) (2007) *Modern Sensors Handbook*. London, UK: ISTE. <http://doi.org/10.1002/9780470612231>.
6. Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R. and Scaramuzza, D. (2011) *Introduction to Autonomous Mobile Robots, Second Edition*, MIT Press. MIT Press. Available at: <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-autonomous-mobile-robots-second-edition>

Mapa IV - Sistemas Robóticos e CIM

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Robóticos e CIM

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Robotics Systems and CIM

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José António Barata de Oliveira (Regente) – TP:28; PL:28

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

André Dionísio Rocha – PL:56

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

1. Conhecer
 1. A complexidade e importância de um sistema de manufatura, atividades e atores
 2. Importância da automação e fator humano
 3. Evolução histórica e contribuição das diferentes conjunturas socioeconómicas
 4. Requisitos mais importantes dos sistemas de manufatura atuais
 5. Diferentes paradigmas de manufatura
 6. Características dos sistemas reconfiguráveis

- 7. *Significado da complexidade e auto-organização*
- 8. *Importância da modelação no contexto da manufatura*
- 9. *Desafios na implementação de Sistemas Ciber-Físicos*
- 10. *Aprendizagem e sua aplicação na manufatura*

2. *Capaz de Fazer*

- 1. *Modelar sistemas de manufatura.*
- 2. *Programar sistemas de controlo inteligentes*
- 3. *Programar Sistemas de Aprendizagem Automática*
- 3. *Competências não-técnicas*
 - 1. *Desenvolver a capacidade de síntese e análise crítica*
 - 2. *Trabalhar em equipa e incrementar a comunicação escrita e oral*
 - 3. *Capacidade de gestão de tempo e cumprimento de prazos*

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

- 1. *Understanding*
 - 1. *The complexity and importance of a manufacturing system, activities and actors*
 - 2. *Importance of automation and human factor*
 - 3. *Historical developments and contribution of different socio-economic environments*
 - 4. *Most important requirements of today's manufacturing systems*
 - 5. *Different manufacturing paradigms*
 - 6. *Characteristics of reconfigurable systems*
 - 7. *Meaning of complexity and self-organization*
 - 8. *Importance of modelling in the context of manufacturing*
 - 9. *Challenges in the implementation of Cyber-Physical Systems*
 - 10. *Learning and its application in manufacturing*
- 2. *Able to Do*
 - 1. *Model manufacturing systems*
 - 2. *Programming intelligent control systems*
 - 3. *Programming Machine Learning systems*
 - 3. *Non-Technical Competences*
 - 1. *Develop synthesis critical thinking*
 - 2. *Team working and increasing oral and writing communication skills*
 - 3. *Improve time keeping and compliance with meeting deadlines*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. *Conceitos Fundamentais de Manufatura*
 - 1. *O Mundo da Manufatura*
 - 2. *Visão Histórica*
 - 3. *Desafios atuais*
- 2. *Paradigmas de Sistemas de Manufatura*
 - 1. *Sistemas Altamente Reconfiguráveis*
 - a) *RMS*
 - b) *Holonic Manufacturing*
 - c) *Sistemas de Produção Ciber-Físicos*
 - d) *Indústria 4.0*
 - 2. *Paradigmas Emergentes*
 - a) *Teoria da Complexidade*
 - b) *Auto-organização*
 - c) *Self-x*
- 3. *Modelação*
 - 1. *SysML, ISA-95, Automation-ML*
 - 2. *Ontologies*
- 4. *Dimensões de Análise*
 - 1. *Perspetiva de Controlo*
 - a) *Cyber-Physical Systems / IIOT*
 - b) *SOA based Manufacturing*
 - c) *Agent based Manufacturing*
 - d) *RAMI 4.0*
 - 2. *Perspetiva de Tratamento de Informação e Aprendizagem*
 - a) *Sensores e Volume de Dados*
 - b) *Percepção Contextualizada*
 - c) *Aprendizagem*
 - d) *Aplicações na Indústria*
- 5. *Seminário com Especialista da Indústria*

4.4.5. Syllabus:

- 1. *Fundamental Concepts of Manufacturing*
 - 1. *The World of Manufacturing*

2. *Historical Vision*
3. *Current challenges*

2. *Manufacturing Systems Paradigms*
 1. *Highly reconfigurable systems*
 - a) *RMS*
 - b) *Holonic Manufacturing*
 - c) *Cyber-Physical Production Systems*
 - d) *Industry 4.0*
 2. *Emerging Paradigms*
 - a) *Complexity Theory*
 - b) *Self-organization*
 - c) *Self-x*

3. *Modelling*
 1. *SysML, ISA-95, Automation-ML*
 2. *Ontologies*

4. *Analysis Dimension*
 1. *Control Perspective*
 - a) *Cyber-Physical Systems / IIOT*
 - b) *SOA based Manufacturing*
 - c) *Agent based Manufacturing*
 - d) *RAMI 4.0*
 2. *Information Treatment and Learning Perspective*
 - a) *Sensors and Data Volume*
 - b) *Contextualized Perception*
 - c) *Learning*
 - d) *Applications in Industry*

5. *Seminar with Industry Specialist*

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

Os exemplos apresentados nas aulas teóricas contribuem para uma ilustração da aplicação dos conceitos de sistemas de manufatura. Os mini-testes ao longo do semestre permitem aferir que os alunos atingiram os objetivos propostos para a disciplina.

Durante as aulas práticas, que decorrem em laboratório, os alunos são confrontados com problemas práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos propostos na disciplina.

De acordo com o referido programa, durante estes trabalhos, os alunos aprendem a modelar e desenvolver soluções para problemas utilizando linguagens de modelação que permitem dar solução a problemas relevantes de modelação em manufatura.

Esta é também uma das unidades onde se incentiva o trabalho em equipa e respetiva gestão.

Os trabalhos a realizar nas PLs suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados.

O trabalho realizado na TP e na PL está em consonância com a aquisição e competências não técnicas.

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

The examples presented during the theoretical lectures help illustrating the concrete concepts application of smart manufacturing systems. During the semester, students are given mini-tests, which allow to perceive if they have acquired the proposed objectives.

Practical lessons are made in laboratory, in which the students are presented with concrete problems and situations requiring real-time modelling approaches.

As established in the syllabus, during these studies, students learn to model and develop solutions for problems using modelling languages to support the implementation of intelligent manufacturing systems.

This is also one of the units where teamwork and its management is encouraged.

The work to be carried out in the PLs supports the acquisition of knowledge and the know-how to make statements.

The work carried out in TP and PL is in line with the acquisition of non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas (TP) são dirigidas de forma a que os estudantes, através da sua participação ativa, compreendam cada um dos tópicos listados nos objetivos de aprendizagem.

Nas aulas laboratoriais (PL) os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer.

Para cada trabalho prático:

- *Apresentação do enunciado,*
- *tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar,*
- *discussão do método de trabalho,*
- *realização do trabalho pelos alunos acompanhados por docente e*
- *elaboração de relatório.*

Componentes de Avaliação**1. 2 Mini-Testes****2. 3 Trabalhos Práticos****Regras de Avaliação**

1. Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2

2. Nota Teórica ≥ 9.5

3. Cada Trabalho Prático ≥ 9.5

4. Nota Prática = $TP1 * Peso1 + TP2 * Peso2 + TP3 * Peso3$; Pesos são anunciados no início da UC

5. Nota Final = Nota Prática * 0.6 + Nota Teórica * 0.4

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (TP) are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In laboratory classes (PL) students focus on the experimentation of the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do.

For each practical work:

- Presentation of the work,
- tutorial on the technology / tools to use,
- discussion of the work method,
- realization of the work by the students accompanied by teachers, and
- preparation of report.

Evaluation Components**1. 2 Mini-Tests****2. 3 Practical Works****Evaluation Rules**

1. Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2

2. Theoretical Mark ≥ 9.5

3. Each Practical Work ≥ 9.5

4. Practical Mark = $TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3 * Weight3$; Weights to be announced at the beginning of UC

5. Final Mark = Practical Mark * 0.6 + Theoretical Mark * 0.4

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

A unidade inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial.

Mediante a realização dos testes teóricos e dos trabalhos de laboratórios, podemos certificar que os alunos estão a atingir os resultados propostos para a disciplina.

Ao nível teórico, a realização dos testes permite aferir até que ponto os alunos assimilaram os conceitos de manufatura, paradigmas de manufatura, modelação, implementação de sistemas de controlo para manufatura inteligente e utilização de aprendizagem automática na manufatura.

Em relação aos trabalhos de laboratório os alunos utilizam ferramentas, linguagens de programação e gráficas para modelar e desenvolver as soluções para os problemas propostos. Desta forma, a realização destes trabalhos, obriga a utilizar os conceitos e métodos de modelação do âmbito desta disciplina.

Para além disso, os alunos trabalham em grupo de forma a desenvolverem um espírito colaborativo na resolução de problemas em equipa.

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

This course includes a theoretical component and a lab component.

We can certify that teaching methodologies are coherent with the learning outcomes, through the realization of tests and lab works during the semester, in which we evaluate how well students are learning the proposed concepts of manufacture, manufacturing paradigms, modelling, implementation of control systems for Smart Manufacturing and use of Machine Learning and Data Mining in manufacturing.

At a practical level, during the lab lessons, students use tools and both programming and graphical languages to model systems and solve system integration problems. The realization of these works implies the use of concepts and modelling approaches proposed in this discipline.

Furthermore, during the lab lessons, the students are organized in small groups, allowing them to work in collaboration and developing a team-based spirit, which allows to leverage the effort developed in the resolution of the proposed problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Ethem Alpaydin. 2014. *Introduction to Machine Learning* Ethem Alpaydin. MIT Press.

2. Jose Barata. 2005. *Coalition Based Approach for Shop Floor Agility*.

3. Eric Bonabeau, Marco Dorigo, and Guy Theraulaz. 1999. *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Intelligence*. Oxford Univ. Press.

4. Armando W. Colombo, Michael Gepp, José Barata, et al (Eds.). 2019. *Digitalized and Harmonized Industrial Production Systems: The PERFORM Approach*. <https://doi.org/10.1201/9780429263316>

5. EFRA. 2013. *Factories of the Future - Multi-Annual Roadmap for the Contractual PPP under Horizon 2020*. <https://doi.org/10.2777/29815>

6. Péter Erdi. 2008. *Complexity Explained*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35778-0>

7. Hermann Kühnle and Günter Bitsch. 2015. *Foundations & Principles of Distributed Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18078-6>

8. Zude Zhou, Huaqing Wang, and Ping Lou. 2010. *Manufacturing Intelligence for Industrial Engineering*.
<https://doi.org/10.4018/978-1-60566-864-2>

Mapa IV - Sistemas Distribuídos de Manufatura

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Distribuídos de Manufatura

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Distributed Manufacturing Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Luis Manuel Camarinha Matos - T:17,5

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

José Barata -T:3,5

João Almeida das Rosas - T:3,5; PL:14

Ana Inês da Silva Oliveira - T:3,5; PL:7

André Dionísio Bettencourt da Silva Parreira Rocha - PL:7

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

No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Compreender:

a) Formas organizativas de redes colaborativas industriais;

b) Temas emergentes em sistemas distribuídos de manufatura.

- Ser capaz:

(a) Analisar sistemas distribuídos de manufatura;

(b) Integrar conhecimentos multidisciplinares em sistemas industriais;

(c) Lidar com situações industriais complexas e em evolução;

(d) Aplicar metodologias de planeamento de roteiros estratégicos;

(e) Exercitar capacidade de síntese, trabalho em equipa e gestão de tempos.

- Conhecer:

(a) As grandes tendências em sistemas de manufatura e gerações industriais;

(b) As principais tecnologias de suporte a sistemas distribuídos de manufatura;

(c) Metodologias de “roadmapping”.

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

At the end of this course students will have acquired knowledge, skills and competences that will allow them to:

- Understand:

(a) organizational forms of collaborative industrial networks;

(b) Emerging themes in distributed manufacturing systems.

- Be able to:

- ´ (a) Analyze distributed manufacturing systems;
 - (b) Integrate multidisciplinary knowledge into industrial systems;
 - (c) Deal with complex and evolving industrial situations;
 - (d) Apply strategic roadmap planning methodologies;
 - (e) Exercise synthesis, teamwork and time management skills.
- To know:
- (a) Major trends in manufacturing systems and industrial generations;
 - (b) The main technologies supporting distributed manufacturing systems;
 - (c) Roadmapping methodologies.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1: Introdução ao curso
- 2: Introdução aos sistemas distribuídos de manufatura
- 3: Redes de sensores nos SDM
- 4: Simulação nos SDM
- 5: Indústria 4.0
- 6: Método de “roadmapping”
- 7: Exemplos de “roadmapping”
- 8: Sistemas ciber-físicos
- 9: Blockchain no SDM
- 10: Impressão 3D
- 11: Outros tópicos / tendências avançadas.

4.4.5. Syllabus:

- 1: Course introduction
- 2: Introduction to Distributed Manufacturing Systems
- 3: Sensor Networks in DMS
- 4: Simulation in DMS
- 5: Industry 4.0
- 6: Roadmapping method
- 7: Roadmapping examples
- 8: Cyber-Physical Systems
- 9: Blockchain in DMS
- 10: 3D Printing
- 11: Other advanced topics / trends.

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

Depois de uma introdução global à temática da disciplina, é apresentada aos estudantes uma panorâmica das redes colaborativas na indústria. Ao serem abordados vários cenários existentes e principais tecnologias, complementados por distintos casos de estudo, é transmitida uma clara noção do estado da arte neste contexto. São ainda abordadas as técnicas de criação de roteiros estratégicos, necessários para o planeamento e definição de estratégias na indústria.

A lista de tópicos avançados, correspondendo a tecnologias emergentes, vai sendo periodicamente adaptada. A realização de trabalhos experimentais sobre estes temas contribui para atingir os objetivos.

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

After a global introduction to the subject, students are presented with an overview of collaborative networks in the industry. By addressing various existing scenarios and key technologies, complemented by different case studies, a clear notion of the state of the art in this context is conveyed. Strategic roadmap techniques needed for planning and defining strategies in the industry are also addressed.

The list of advanced topics, corresponding to emerging technologies, is periodically adapted. Experimental work on these topics helps to achieve the objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial com igual duração. A componente teórica da UC inclui a realização de vários seminários, incluindo alguns com uma participação de especialistas externos, por forma a dar aos estudantes uma perspetiva dos sistemas distribuídos de manufatura em primeira mão.

Na componente prática, os estudantes são convidados a realizar vários trabalhos práticos sobre um conjunto de tecnologias selecionadas e também a elaboração de um roteiro estratégico / roadmap, identificando tendências da indústria nesta área.

A avaliação teórica é contínua, realizada através de pequenos questionários realizados depois de cada sessão, resultando um elemento teórico de avaliação – Nota Teórica (NT). Acresce um elemento prático de avaliação levado a cabo ao longo do semestre e através das apresentações finais dos trabalhos – Nota Prática (NP).

*A fórmula de cálculo da nota final NF é: $NF = NP * 0.5 + NT * 0.5$*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course includes a theoretical component and a laboratory component of equal duration. The theoretical component includes several seminars, including some with the participation of external experts, to give students a first-hand insight into distributed manufacturing systems.

In the practical component, students are invited to do various practical works on a set of selected technologies and also to develop a strategic roadmap, identifying industry trends in this area.

*The theoretical assessment is continuous, carried out through short questionnaires after each session, resulting a theoretical evaluation element - Theoretical Classification (TC). A practical element of evaluation carried out during the semester and through the final presentations of the works - Practical Classification (PC), is also used. The formula for calculating the final grade FG is: $FG = TC * 0.5 + PC * 0.5$*

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

No decorrer das aulas teóricas e dos seminários, os estudantes discutem com o docente e com especialistas externos os problemas envolvidos na manufatura distribuída. Ao longo deste percurso vão assimilando os conceitos envolvidos.

Na componente prática são levados a desenvolver pequenos protótipos exemplo, o que lhes dá uma experiência tipo "hands-on". Adicionalmente, são levados a exercitar de uma forma crítica uma análise do estado da arte, antecipação de tendências e planeamento estratégico.

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

During the lectures and seminars, students discuss with the teacher and external experts the problems involved in distributed manufacturing. Along this route they will assimilate the involved concepts.

In the practical component they are led to develop small example prototypes, which gives them a hands-on experience. Additionally, they are required to critically exercise an analysis of the state of art, anticipation of trends and strategic planning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Course handouts (collection of slides).
- Collaborative networked organizations—A research agenda for emerging business models, (L.M. Camarinha-Matos,H. Afsarmanesh,Editors),Springer
- Camarinha-Matos, L.M.; Afsarmanesh, H. (2004), A roadmapping methodology for strategic research on VO, in Collaborative Networked Organizations – A research agenda for emerging business models, cap. 7.1, Kluwer Academic Publishers.
- Artigos técnicos selecionados.Exemplos:/Selected technical papers:
Ex:
- Sniderman, B., Mahto, M., Cotteleer, M. J.: Industry 4.0 and manufacturing ecosystems - Exploring the world of connected enterprises. Deloitte University Press
- L. M. Camarinha-Matos, R. Fornasiero, J. Ramezani, F. Ferrada (2019). Collaborative Networks: A Pillar of Digital Transformation. Applied Sciences, 2019, 9(24), 5431; <https://doi.org/10.3390/app9245431>
- Etc.

Mapa IV - Integração de Sistemas Ciber-Físicos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Integração de Sistemas Ciber-Físicos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Cyber-Physical Systems Integration

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José António Barata de Oliveira (Regente) – TP:28; PL:28;***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***N/A***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Conhecer:*

- Conceitos fundamentais de sistemas,de integração de sistemas,de modelação de sistemas e de modelação de empresas.
- Caracterizar e definir o que são arquitecturas de sistemas
- Conceitos fundamentais de IoT e CPS,nomeadamente as suas arquitecturas,protocolos de comunicação e topologias.
- Conceitos fundamentais de integração empresarial,nomeadamente,sistemas de mensagens,adaptadores de dados e aplicações,Web Services,Ontologias
- Conceitos fundamentais de Cloud Computing como base para integração de sistemas.

Capaz de Fazer:

- Modelar sistemas e sistemas empresariais.
- Programar diferentes tipos de mecanismos para integração empresarial,bem como arquitecturas baseadas em serviços, ontologias e componentes CPS/IoT
- Criatividade face a problemas de modelação e integração empresarial.

Competências não-técnicas:

- Desenvolver a capacidade de síntese e análise crítica
- Trabalhar em equipa e incrementar a comunicação escrita e oral
- Capacidade de gestão de tempo e cumprimento de prazos

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

- Fundamental concepts of systems, systems integration, system modelling and business modelling.
- Characterize and define what systems architectures are
- Fundamental concepts of IoT and CPS, in particular their architectures, communication protocols and topologies.
- Fundamental concepts of enterprise integration, namely messaging systems, data adapters and applications, Web Services, Ontologies
- Fundamental Concepts of Cloud Computing as the basis for systems integration.

Able to Do:

- Model enterprise systems and systems.
- Program different types of mechanisms for business integration, as well as service-based architectures, ontologies and CPS/IoT components
- Creativity in the face of modelling and business integration problems.

Non-Technical Competences:

- Develop synthesis critical thinking
- Team working and increasing oral and writing communication skills
- Improve time keeping and compliance with meeting deadlines

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Introdução***Objetivos**Organização e avaliação**Evolução de sistemas empresariais***2. CPS & IoT***Arquitecturas CPS/IoT**Protocolos de comunicação**Non IP**IP Based WPAN**Long Range**Protocolos IOT**MQTT**WebSockets**Topologias Cloud e Fog***3. Sistemas e Modelação de Empresas***Teoria de Sistemas**Organização de Sistemas**Engenharia de Sistemas**Arquitectura de Sistemas*

Arquitecturas de Referência
Natureza e utilização das AR
Construir uma AR
Modelação de Empresas
Modelar
UML
SysML
MBSE
4. Integração de Sistemas Ciber-Físicos
Sistemas de Mensagens
Conceitos
Java Message Service
Microsoft Message Queueing
Adaptadores de Dados
The three-tier model
Integração usando ficheiros
Database Access API's
Adaptadores de Aplicações
Métodos e Interfaces
Calling from Different Languages
Web Services
Rest Services
Modelação de Processos
Ontologies
Semantic WEB
RDF
OWL
5. Computação na nuvem
Definições
Tecnologias
Exemplos

4.4.5. Syllabus:

1. Introdução
Objetivos
Organização e avaliação
Evolução de sistemas empresariais
2. CPS & IoT
Arquitecturas CPS/IoT
Protocolos de comunicação
Non IP
IP Based WPAN
Long Range
Protocolos IOT
MQTT
WebSockets
Topologias Cloud e Fog
3. Sistemas e Modelação de Empresas
Teoria de Sistemas
Organização de Sistemas
Engenharia de Sistemas
Arquitectura de Sistemas
Arquitecturas de Referência
Natureza e utilização das AR
Construir uma AR
Modelação de Empresas
Modelar
UML
SysML
MBSE
4. Integração de Sistemas Ciber-Físicos
Sistemas de Mensagens
Conceitos
Java Message Service
Microsoft Message Queueing
Adaptadores de Dados
The three-tier model
Integração usando ficheiros
Database Access API's
Adaptadores de Aplicações
Métodos e Interfaces
Calling from Different Languages
Web Services
Rest Services

Modelação de Processos
 Ontologies
 Semantic WEB
 RDF
 OWL
 5. Computação na nuvem
 Definições
 Tecnologias
 Exemplos

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

Os exemplos apresentados nas aulas T contribuem para uma ilustração da aplicação dos conceitos de sistemas ciber-físicos integrados. Os mini-testes ao longo do semestre permitem aferir que os alunos atingiram os objetivos propostos para a disciplina. Durante as aulas PL, que decorrem em lab., os alunos são confrontados com problemas práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos propostos na disciplina. De acordo com o referido programa, durante estes trabalhos, os alunos aprendem a modelar e desenvolver soluções para problemas utilizando linguagens de modelação que permitem dar solução a problemas relevantes de integração. Esta é também uma das unidades onde se incentiva o trabalho em equipa e respectiva gestão. Os trabalhos a realizar nas PLs suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados. O trabalho realizado na TP e na PL está em consonância com a aquisição e competências não técnicas.

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

The examples presented during the theoretical lectures help illustrating the concrete concepts application of integrated cyber-physical systems, as specified in the syllabus. During the semester, students are given mini-tests, which allow to perceive if they have acquired the proposed objectives. Practical lessons are made in laboratory, in which the students are presented with concrete problems and situations requiring real-time modelling approaches. As established in the syllabus, the work involved in the solution of these problems implies the utilization of modelling languages which allow modelling and handling the proposed integration problems. This is also one of the units where teamwork and its management is encouraged. The work to be carried out in the PLs supports the acquisition of knowledge and the know-how to make statements. The work carried out in TP and PL is in line with the acquisition of non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas (TP) são dirigidas de forma a que os estudantes, através da sua participação ativa, compreendam cada um dos tópicos listados nos objetivos de aprendizagem.

Nas aulas laboratoriais (PL) os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer.

Para cada trabalho prático:

- Apresentação do enunciado,
- tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar,
- discussão do método de trabalho,
- realização do trabalho pelos alunos acompanhados por docente e
- elaboração de relatório.

Componentes de Avaliação

1. 2 Mini-Testes
2. 3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação

1. Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2
2. Nota Teórica ≥ 9.5
3. Cada Trabalho Prático ≥ 9.5
4. Nota Prática = $TP1 * \text{Peso1} + TP2 * \text{Peso2} + TP3 * \text{Peso3}$; Pesos são anunciados no início da UC
5. Nota Final = Nota Prática * 0.6 + Nota Teórica * 0.4

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (TP) are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In laboratory classes (PL) students focus on the experimentation of the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do.

For each practical work:

- Presentation of the work,
- tutorial on the technology / tools to use,
- discussion of the work method,
- realization of the work by the students accompanied by teachers, and
- preparation of report.

Evaluation Components

1. 2 Mini-Tests
2. 3 Practical Works

Evaluation Rules

1. Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2
2. Theoretical Mark ≥ 9.5
3. Each Practical Work ≥ 9.5
4. Practical Mark = $TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3 * Peso3$; *Weights to be announced at the beginning of UC*
5. Final Mark = Practical Mark * 0.6 + Theoretical Mark * 0.4

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

A unidade inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial.

Mediante a realização dos testes teóricos e dos trabalhos de laboratórios, podemos certificar que os alunos estão a atingir os resultados propostos para a disciplina.

Ao nível teórico, a realização dos testes permite aferir até que ponto os alunos assimilaram os conceitos de IoT/CPS, bem como os aspetos de modelação de empresa e integração de sistemas.

Em relação aos trabalhos de laboratório os alunos utilizam ferramentas, linguagens de programação e gráficas para modelar e desenvolver as soluções para os problemas propostos. Desta forma, a realização destes trabalhos, obriga a utilizar os conceitos e métodos de modelação do âmbito desta disciplina.

Para além disso, os alunos trabalham em grupo de forma a desenvolverem um espírito colaborativo na resolução de problemas em equipa.

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

This course includes a theoretical component and a lab component.

We can certify that teaching methodologies are coherent with the learning outcomes, through the realization of tests and lab works during the semester, in which we evaluate how well students are learning the proposed concepts and modelling methods proposed in this discipline and related with IoT/CPS, enterprise modelling, and systems integration.

At a practical level, during the lab lessons, students use tools and both programming and graphical languages to model systems and solve system integration problems. The realization of these works implies the use of concepts and modelling approaches proposed in this discipline.

Furthermore, during the lab lessons, the students are organized in small groups, allowing them to work in collaboration and developing a team-based spirit, which allows to leverage the effort developed in the resolution of the proposed problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Ferreira, D.R.: *Enterprise Systems Integration*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40796-3>.
2. Borky, J.M., Bradley, T.H.: *Effective Model-Based Systems Engineering*. Springer International Publishing, Cham (2019). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95669-5>.
3. Kale, V.: *Enterprise Process Management Systems*. CRC Press (2018). <https://doi.org/10.1201/9780429453311>.
4. Lea, P.: *Internet of Things for Architects*. Packt Publishing (2018).
5. Allemang, D., Hendler, J.: *Semantic Web for the Working Ontologist*. Elsevier (2011). <https://doi.org/10.1016/C2010-0-68657-3>.

Mapa IV - Tecnologia de Jogos Digitais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Jogos Digitais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Digital Games Technology

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José António Barata de Oliveira (Regente) – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***1. Conhecer**1. As Tecnologias de Jogos Digitais, não tanto na perspetiva intrínseca e obrigatória do divertimento, mas como nova forma de comunicação**2. Componentes fundamentais e áreas envolvidas no projeto de Jogos Digitais**3. Tecnologias, dispositivos e Sensores em Jogos Digitais**4. Os mecanismos e métodos básicos necessários para o desenvolvimento de Jogos**5. As ferramentas mais importantes como Unity e Unreal**2. Capaz de Fazer**1. Utilizar ferramentas como Unity**2. Implementar um Jogo**3. Competências não-técnicas**1. Desenvolver a capacidade de síntese e análise crítica**2. Trabalhar em equipa e incrementar a comunicação escrita e oral**3. Capacidade de gestão de tempo e cumprimento de prazos***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***1. Understanding**1. Digital Gaming Technologies as a new form of communication**2. Fundamental components and areas involved in the Digital Games project**3. Technologies, devices and Sensors in Digital Games**4. The basic mechanisms and methods necessary for the development of Games**5. The most important tools like Unity and Unreal**2. Able to Do**1. Use tools such as Unity**2. Implement a Game**3. Non-Technical Competences**1. Develop synthesis critical thinking**2. Team working and increasing oral and writing communication skills**3. Improve time keeping and compliance with meeting deadlines***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. INTRODUCTION**2. CLASSES OF GAMES**3. DIGITAL CRIATIVITY**4. GAME DESIGN**5. DEVICES AND TECHNOLOGIES**6. GAMIFICATION**7. BUSINESS MODELS***4.4.5. Syllabus:***1. INTRODUCTION**2. CLASSES OF GAMES**3. DIGITAL CRIATIVITY**4. GAME DESIGN**5. DEVICES AND TECHNOLOGIES**6. GAMIFICATION**7. BUSINESS MODELS***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

Os exemplos apresentados nas TPs contribuem para uma ilustração da forma como os Jogos Digitais são uma ferramenta de comunicação, como o desenvolvimento de um jogo se processa e as ferramentas de desenvolvimento mais conhecidas. Os mini-testes ao longo do semestre permitem aferir que os alunos atingiram os objetivos propostos para a disciplina. Durante as práticas, que decorrem em laboratório, os alunos são confrontados com problemas

práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos propostos na disciplina. De acordo com o referido programa, durante estes trabalhos, os estudantes desenvolvem um jogo, considerando os aspetos de criatividade e metodologia apresentados no ambiente UNITY ou UNREAL. Esta é também uma das unidades onde se incentiva o trabalho em equipa e respetiva gestão. Os trabalhos a realizar nas PLs suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados. O trabalho realizado na TP e na PL está em consonância com a aquisição e competências não técnicas.

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

The examples introduced in theoretical classes contribute to an illustration of how Digital Games are a communication tool, how the development of a game takes place, and the best-known current development tools.

The mini-tests throughout the semester allow to assess that students achieved the proposed goals for the discipline. During practical classes, which take place in the laboratory, students are faced with practical problems whose resolution implies the use of the concepts proposed in the discipline.

According to this program, during these works, students develop a game, considering the aspects of creativity and methodology introduced, and using the UNITY or UNREAL development environment.

This is also one of the units where teamwork and its management is encouraged.

The work to be carried out in the PLs supports the acquisition of knowledge and the know-how to make statements.

The work carried out in TP and PL is in line with the acquisition of non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas (TP) são dirigidas de forma a que os estudantes, através da sua participação ativa, compreendam cada um dos tópicos listados nos objetivos de aprendizagem.

Nas aulas laboratoriais (PL) os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer.

Para cada trabalho prático:

- Apresentação do enunciado,
- tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar,
- discussão do método de trabalho,
- realização do trabalho pelos alunos acompanhados por docente e
- elaboração de relatório.

Componentes de Avaliação

1. 2 Mini-Testes
2. 1 Trabalhos Prático

Regras de Avaliação

1. Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2
2. Nota Teórica ≥ 9.5
3. Trabalho Prático ≥ 9.5
4. Nota Final = Nota Prática * 0.65 + Nota Teórica * 0.35

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (TP) are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In laboratory classes (PL) students focus on the experimentation of the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do.

For each practical work:

- Presentation of the work,
- tutorial on the technology / tools to use,
- discussion of the work method,
- realization of the work by the students accompanied by teachers, and
- preparation of report.

Evaluation Components

1. 2 Mini-Tests
2. 3 Practical Works

Evaluation Rules

1. Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2
2. Theoretical Mark ≥ 9.5
3. Practical Work ≥ 9.5
4. Final Mark = Practical Mark * 0.65 + Theoretical Mark * 0.35

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

A unidade inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial.

Mediante a realização dos testes teóricos e dos trabalhos de laboratórios, podemos certificar que os estudantes estão a atingir os resultados propostos para a disciplina.

Ao nível teórico, a realização dos testes permite aferir até que ponto os estudantes assimilaram os conceitos de criatividade, metodologia de desenvolvimento de Jogos e tecnologias envolvidas.

Em relação aos trabalhos de laboratório os alunos utilizam o ambiente de desenvolvimento para jogos digitais. Desta forma, a realização destes trabalhos, obriga a utilizar os conceitos e metodologia de desenvolvimento de jogos digitais.

Para além disso, os alunos trabalham em grupo de forma a desenvolverem um espírito colaborativo na resolução de problemas em equipa.

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

This course includes a theoretical component and a lab component.

We can certify that teaching methodologies are coherent with the learning outcomes, through the realization of tests and lab works during the semester, in which we evaluate how well students are learning the proposed concepts of creativity, game development methodology, and required technologies.

At a practical level, during the lab lessons, students apply the development tool (UNITY or UNREAL) to create a game. The realization of these works implies the use of concepts and methods proposed in the Unit.

Furthermore, during the lab lessons, the students are organized in small groups, allowing them to work in collaboration and developing a team-based spirit, which allows to leverage the effort developed in the resolution of the proposed problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Slides from Classes

2. Digital game design for elderly users - Wijnand Ijsselsteijn et al

3. From game design elements to gamefulness: defining "gamification" - Sebastian Deterding ET AL

4. Player-Centred Game Design: Player Modelling and Adaptive Digital Games - Darryl Charles et al

5. Player-Centred Game Design: Player Modelling and Adaptive Digital Games - Pablo Moreno et al

Mapa IV - Empresas Virtuais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Empresas Virtuais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Virtual Enterprises

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Luís Manuel Camarinha Matos - TP:28

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

João Almeida das Rosas - PL:56

Ana Inês da Silva Oliveira - TP:28

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

Esta unidade curricular aborda os aspetos conceituais e tecnológicos da área das redes colaborativas, com particular ênfase nas redes colaborativas empresariais.

No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Compreender:

- a) Conceitos fundamentais de redes colaborativas e empresas virtuais.*
- b) Características das várias tecnologias de suporte.*

- Ser capaz de:

- (a) Analisar requisitos de empresas e organizações virtuais;*
- (b) Integrar conhecimentos multidisciplinares;*
- (c) Lidar com situações complexas e em evolução;*
- (d) Resolver problemas em situações novas;*
- (e) Exercitar capacidade de trabalho em equipa e gestão de tempos.*

- Conhecer:

- (a) Os desafios típicos e tendências em redes colaborativas;*
- (b) Os principais modelos de negócio associados;*
- (c) Tecnologias envolvidas e seu papel.*

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

This curricular unit addresses the conceptual and technological aspects of the collaborative networks area, with particular emphasis on business collaborative networks.

At the end of this course students will have acquired knowledge, skills and competences that will allow them to:

- Understand:

- a) Fundamental concepts of collaborative networks and virtual enterprises.*
- b) Characteristics of the various supporting technologies.*

- Be able to:

- (a) Analyze requirements of virtual enterprises and organizations;*
- (b) Integrate multidisciplinary knowledge;*
- (c) Deal with complex and evolving situations;*
- (d) Solve problems in new situations;*
- (e) Exercise teamwork and time management skills.*

- To know:

- (a) Typical challenges and trends in collaborative networks;*
- (b) The main associated business models;*
- (c) Technologies involved and their role.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. INTRODUÇÃO
2. REDES COLABORATIVAS: Panorâmica e casos de sucesso
3. RC: Panorâmica e casos de sucesso (cont.)
4. INFRAESTRUTURAS ICT PARA COLABORAÇÃO
5. ICT INFRASTRUCTURES – SECURITY
6. AMBIENTES DE GESTÃO DE ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS
7. CRIAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS
8. GESTÃO DE ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS
9. INTERAÇÃO COM CLIENTES
10. COMÉRCIO ELECTRÓNICO
11. COMUNIDADES VIRTUAIS
12. MODELOS DE REFERÊNCIA

4.4.5. Syllabus:

1. INTRODUCTION
2. COLLABORATIVE NETWORKS: Overview and success cases
3. CN: Overview and success cases (cont.)
4. ICT INFRASTRUCTURES FOR COLLABORATION
5. ICT INFRASTRUCTURES – SECURITY
6. VIRTUAL ENVIRONMENTS
7. CREATION OF VIRTUAL ORGANIZATIONS
8. MANAGEMENT OF VIRTUAL ORGANIZATIONS
9. INTERACTION WITH CUSTOMERS
10. E-COMMERCE
11. VIRTUAL COMMUNITIES
12. REFERENCE MODELS

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

O objetivo de formação necessário dado o cariz multidisciplinar da área de Redes Colaborativas é conseguido pelos conteúdos programáticos da disciplina da seguinte forma:

Nas aulas TP são abordadas diferentes formas de Empresas Virtuais e outras formas de redes

Colaborativas, bem como a correspondente análise de requisitos. São ainda abordadas as infraestruturas

necessárias ao funcionamento deste tipo de organizações, também utilizadas na componente laboratorial para o desenvolvimento dos trabalhos práticos. São também discutidas as perspetivas de gestão e coordenação deste tipo de organizações, bem assim como aspetos práticos tais como processos de negócio ou comunicações seguras, necessárias ao funcionamento das infraestruturas de suporte. A componente teórica termina este leque multidisciplinar focando nos aspetos específicos de 3 casos: Portais; Comércio e Mercados Eletrónicos e Comunidades Virtuais Profissionais. A nível laboratorial são realizados trabalhos demonstrativos.

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

Given the multidisciplinary nature of the Collaborative Networks area, the necessary training objective is achieved Through the syllabus as follows:

Theoretical-practical classes cover different forms of Virtual Enterprise and other forms of collaborative networking, as well as the corresponding requirements analysis. The needed infrastructures for the operation of these organizations are also addressed and used in the laboratory component to the development of practical work. Management and coordination perspectives for such organizations are also discussed, as well as practical aspects such as business processes or secure communications, which are necessary for the operation of the supporting infrastructure. The multidisciplinary theoretical component ends by focusing on the specific aspects of 3 cases: Portals; Electronic Commerce and Markets, and Professional Virtual Communities. At the laboratory level, demonstrative work is performed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Componente teórico-prática: Aulas de exposição seguidas de exemplificação, realização de exercícios e discussão. Componente laboratorial: Para cada trabalho: Apresentação do enunciado, tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar, discussão do método de trabalho, realização do trabalho pelos estudantes acompanhados por docente e elaboração de relatório.

De salientar que os estudantes são levados a realizar um trabalho laboratorial em que cada grupo é responsável pelo desenvolvimento de uma “peça de um puzzle comum” – um sistema integrado de suporte ao funcionamento de uma Rede Colaborativa. No final os vários componentes são integrados num sistema.

A avaliação é contínua, resultante numa Classificação da Componente Prática - CCP, à qual acresce uma Avaliação Teórica - AT - obtida por testes. A Classificação Final - CF - é obtida da seguinte forma:

*CF = CCP * 0,5 + AT * 0,5.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical component: Lectures followed by exemplification, exercises and discussion.

Lab component: For each work: Presentation of the problem statement, technology tutorial / tools to use, discussion of the working method, work done by the student guided by teaching staff and report writing. It should be noted that students are led to perform laboratory work in which each group is responsible for developing a “piece of a common puzzle” – towards an integrated system supporting the operation of a Collaborative Network. In the end the various components are integrated into one system.

The evaluation is continuous, resulting in a Practical Component Classification - PCC, in addition to a Theoretical Evaluation - TA - obtained by tests. The Final Classification - FC - is obtained as follows:

*FC = TA * 0,5 + PCC * 0,5.*

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

Ao realizarem uma avaliação da componente teórica por mini-testes, complementando as aulas, os estudantes são levados a estudar e apreender os conceitos envolvidos na disciplina ao longo do semestre (Saber).

Ao aplicarem estes conceitos no desenvolvimento de um sistema integrado de suporte ao funcionamento deste tipo de organizações, leva os estudantes a experimentarem os conceitos envolvidos (Fazer).

O facto de cada grupo desenvolver “uma peça de um puzzle comum”, leva os estudantes a passarem por experiências que lhes dão conhecimentos relacionados com a coordenação de atividades, resolução de conflitos, iniciativa, capacidade de concretização (nomeadamente na parte da integração das distintas peças do puzzle), capacidade de comunicação entre grupos numa primeira fase e perante o cliente / professor, na apresentação final (Competências não técnicas).

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

Through the mini-tests made along the semester, complementing the classes, students are led to study and learn the concepts involved in the course throughout the semester (Know).

By applying these concepts in the development of an integrated system to support the operation of this type of organizations, leads students to experiment with the involved concepts (Able to do).

The fact that each group develops “one piece of a common puzzle” leads students to go through experiences that provide them with knowledge related to the coordination of activities, resolution of conflicts, initiative, implementation capacity (in particular as regards the integration of the different parts of puzzle), ability to communicate between groups in a first phase and with the client / professor, in the final presentation (non-technical skills).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- L. M. Camarinha-Matos, Course notes (slides)..
- L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus, Virtual Organizations: Systems and Practices, Springer, 2005.
- H. T. Goranson, The Agile Virtual Enterprise: Cases, Metrics, Tools, Quorum Books, 1999.
- L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus (Editors), Methods and tools for Collaborative Networked

Organizations, ISBN 978-0-387-79423-5, Springer: New York, 2008.
- Selected articles (updated every year).

Mapa IV - Tele-Robótica e Sistemas Autónomos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tele-Robótica e Sistemas Autónomos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Tele-Robotics and Autonomous Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

José António Barata de Oliveira (Regente) – TP:28; PL:28

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

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

1.Conhecer

1.Conceitos fundamentais de Sistemas Autónomos

2.Conceitos fundamentais de Sistemas tele-Operados

3.O que são arquiteturas e os diferentes tipos que caracterizam os sistemas autónomos

4.A funcionalidade reativa dos sistemas autónomos: sensores e perceção

5.A funcionalidade deliberativa dos sistemas autónomos: navegação, localização e mapeamento.

6.Conceitos fundamentais de planeamento

7.Conceitos fundamentais de Aprendizagem

8.Conceitos fundamentais de Human Robot Interaction

9.Conceitos fundamentais de sistemas multi robot

2.Capaz de Fazer

1.Equacionar problemas novos e estratégias de implementação de sistemas robotizados autónomos heterogéneos

2.Incrementar a capacidade de concretização de implementação de sistemas robotizados

3.Desenvolver a criatividade e inovação.

3.Competências não-técnicas

1.Desenvolver a capacidade de síntese e análise crítica

2.Trabalhar em equipa e incrementar a comunicação escrita e oral

3.Capacidade de gestão de tempo e cumprimento de prazos

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

1.Understanding

1.Autonomous Systems basic concepts

2.Tele Operated Systems concepts

3.What are architectures and the different types that characterise autonomous systems

4.Reactive functionality in autonomous systems: Sensing and Perception

5. *Deliberative functionality: navigation, localisation and mapping*

6. *Automated planning*

7. *Learning basics*

8. *Human Robot Interaction concepts*

9. *Multi robot concepts*

2. *Able to Do*

1. *Addressing new problems and implementing strategies in the domain of robotized heterogeneous autonomous systems*

2. *Increase the capacity to practically implement robotized autonomous systems*

3. *Apply creativity and innovation*

3. *Non-Technical Competences*

1. *Develop synthesis critical thinking*

2. *Team working and increasing oral and writing communication skills*

3. *Improve time keeping and compliance with meeting deadlines*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. **INTRODUCTION**

1. *Intelligent Robots*

2. *Brief History of AI ROBOTICS*

3. *Automation and Autonomy*

2. **SOFTWARE ORGANISATION OF AUTONOMY**

1. *Introduction to Architectures*

2. *Types of architectures*

3. *Operational Deliberative and Reactive Architectures*

4. *Operational Architecture*

5. *Systems Architecture*

3. **TELEROBOTICS ARCHITECTURES**

1. *Concepts Definition*

2. *Block Diagram*

3. *Main Functionalities*

4. *Human Factors*

4. **REACTIVE FUNCTIONALITY**

1. *Sensors and Sensing*

2. *Perception*

3. *Behaviours*

5. **PLANNING**

1. *Introduction*

2. *Planning with deterministic Models*

3. **STRIPS**

6. **NAVIGATION**

1.4 *Questions of Navigation*

2. *Spatial Memory*

3. *Types of Path Planning*

4. *Landmarks and Gateways*

7. **LOCALIZATION, MAPPING, and EXPLORATION**

1. *Localisation*

2. *Mapping*

3. **SLAM**

4. *Exploration*

8. **LEARNING**

1. *Overview*

2. *Supervised Learning*

3. *Unsupervised Learning*

4. *Reinforcement Learning*

9. **HUMAN ROBOT INTERACTION**

1. *Overview*

2. *User Interfaces*

3. *Modelling*

10. **MULTIROBOT SYSTEMS**

1. *Challenges and Opportunities*

2. *Types of MRS*

3. *Swarm Intelligence*

4.4.5. Syllabus:

1. **INTRODUCTION**

1. *Intelligent Robots*

2. *Brief History of AI ROBOTICS*

3. *Automation and Autonomy*

2. **SOFTWARE ORGANISATION OF AUTONOMY**

1. *Introduction to Architectures*

2. *Types of architectures*

3. *Operational Deliberative and Reactive Architectures*

4. *Operational Architecture*

5. Systems Architecture
 3. TELEROBOTICS ARCHITECTURES
 1. Concepts Definition
 2. Block Diagram
 3. Main Functionalities
 4. Human Factors
 4. REACTIVE FUNCTIONALITY
 1. Sensors and Sensing
 2. Perception
 3. Behaviours
 5. PLANNING
 1. Introduction
 2. Planning with deterministic Models
 3. STRIPS
 6. NAVIGATION
 1.4 Questions of Navigation
 2. Spatial Memory
 3. Types of Path Planning
 4. Landmarks and Gateways
 7. LOCALIZATION, MAPPING, and EXPLORATION
 1. Localisation
 2. Mapping
 3. SLAM
 4. Exploration
 8. LEARNING
 1. Overview
 2. Supervised Learning
 3. Unsupervised Learning
 4. Reinforcement Learning
 9. HUMAN ROBOT INTERACTION
 1. Overview
 2. User Interfaces
 3. Modelling
 10. MULTIROBOT SYSTEMS
 1. Challenges and Opportunities
 2. Types of MRS
 3. Swarm Intelligence

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

Os conteúdos programáticos cobrem os conceitos fundamentais que o aluno deve conhecer e saber fazer sobre sistemas robotizados autónomos. A discussão dos aspetos relacionados com a organização do software em que o conceito de arquitetura é apresentado serve de base para os alunos entenderem melhor os diferentes paradigmas subjacentes ao desenvolvimento deste tipo de sistemas. As diferentes matérias apresentadas posteriormente são parte integrante dos diferentes níveis que fazem parte da arquitetura híbrida: reativo, deliberativo e interativo. A visão global é então coerente já que os conceitos apresentados cobrem os diferentes níveis da arquitetura utilizada para implementar sistemas autónomos robotizados. Os trabalhos a realizar nas PLs suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados. O trabalho realizado na TP e na PL está em consonância com a aquisição e competências não técnicas.

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

The syllabus covers the basic concepts that the student should know as well as the know how about autonomous robotic systems. The discussion of aspects related to the organization of software in which the concept of architecture is presented serves as the basis for students to better understand the different paradigms underlying the development of this type of systems. The different materials presented after are an integral part of the different levels that compose the hybrid architecture: reactive, deliberative and interactive. The global vision is then coherent as the concepts presented cover the different levels of architecture used to implement robotic autonomous systems. The work to be carried out in the PLs supports the acquisition of knowledge and the know-how to make statements. The work carried out in TP and PL is in line with the acquisition of non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas (TP) são dirigidas de forma a que os estudantes, através da sua participação activa, compreendam cada um dos tópicos listados nos objetivos de aprendizagem. Nas aulas laboratoriais (PL) os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer. Para cada trabalho prático:

- Apresentação do enunciado,
- tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar,
- discussão do método de trabalho,
- realização do trabalho pelos alunos acompanhados por docente e

- elaboração de relatório.

Componentes de Avaliação

1. 2 Mini-Testes

2. 3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação

1. Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2

2. Nota Teórica ≥ 9.5

3. Cada Trabalho Prático ≥ 9.5

4. Nota Prática = $TP1 * Peso1 + TP2 * Peso2 + TP3 * Peso3$; Pesos são anunciados no início da UC

5. Nota Final = Nota Prática * 0.6 + Nota Teórica * 0.4

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (TP) are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In laboratory classes (PL) students focus on the experimentation of the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do.

For each practical work:

- Presentation of the work,
- tutorial on the technology / tools to use,
- discussion of the work method,
- realization of the work by the students accompanied by teachers, and
- preparation of report.

Evaluation Components

1. 2 Mini-Tests

2. 3 Practical Works

Evaluation Rules

1. Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2

2. Theoretical Mark ≥ 9.5

3. Each Practical Work ≥ 9.5

4. Practical Mark = $TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3 * Peso3$; Weights to be announced at the beginning of UC

5. Final Mark = Practical Mark * 0.6 + Theoretical Mark * 0.4

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

Para que os estudantes apreendam os conceitos e metodologias é importante que o ensino nas aulas teórico-práticas seja imediatamente seguido de exemplos de aplicação e exercitação, garantindo assim um papel ativo na sala de aula.

Um aspeto fundamental na aprendizagem sobre sistemas autónomos robotizados são os conceitos teóricos adquiridos pelos estudantes nas aulas teórico-práticas sobre: 1) o que é uma arquitetura de software; 2) quais as mais utilizadas para construir este tipo de sistemas; e 3) os diferentes componentes que compõem a arquitetura.

Por outro lado, a experimentação realizada nas práticas laboratoriais (PL) é fundamental para garantir que os alunos sejam capazes de “vivenciarem” os problemas específicos dos sistemas robotizados autónomos e heterogéneos.

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

For students to grasp the concepts and methodologies it is important that teaching in theoretical-practical classes is immediately followed by examples of application and exercises, thus ensuring an active role in the classroom.

A fundamental aspect in learning about robotic autonomous systems are the theoretical concepts acquired by students in theoretical-practical classes on: 1) what is a software architecture; 2) which are the most useful to build this type of systems; and 3) the different components that make up the architecture.

On the other hand, the experimentation carried out in laboratory practices (PL) is essential to ensure that students are able to “experience” the specific problems of autonomous and heterogeneous robotic systems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Bonabeau, E., Dorigo, M. and Theraulaz, G. (1999) *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Intelligence*. New York ; Oxford: Oxford Univ. Press.
2. Ghallab, M., Nau, D. and Traverso, P. (2004) *Automated Planning, Automated Planning: Theory and Practice*. Elsevier. doi: 10.1016/B978-1-55860-856-6.X5000-5.
3. Kernbach, S. (2013) *Handbook of Collective Robotics*. Edited by S. Kernbach. Jenny Stanford Publishing. doi: 10.1201/b14908.
4. Murphy, R. R. (2019) *Introduction to AI ROBOTICS - Second Edition*. Cambridge, Massachusetts; London, UK: MIT Press. Available at: <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-ai-robotics-second-edition>.
5. Nayyar, A. (2018) *Advances in Swarm Intelligence for Optimizing Problems in Computer Science*. First edition. | Boca Raton, FL : CRC Press/Taylor & Francis Group, [2019]: Chapman and Hall/CRC. doi: 10.1201/9780429445927.

Mapa IV - Sistemas de Informação Multimédia**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Sistemas de Informação Multimédia***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Multimedia Information Systems***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***João Almeida das Rosas (Regente) - TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:**- Compreender:**a) Conceitos gerais de Sistemas de Informação Multimédia;**b) Princípios de raciocínio abstrato e formal no desenho e análise de Sistemas de Gestão de Conteúdos..**- Ser capaz:**a) Experimentação em sistemas de informação multimedia;**b) Exercitar criatividade e imaginação na realização dos trabalhos práticos;**c) Concretizar os objetivos propostos nos trabalhos laboratoriais.**d) Exercitar trabalho em equipa e gestão de tempos.**- Conhecer:**a) As grandes tendências em sistemas de informação multimedia;**b) As principais tecnologias de suporte a sistemas de informação multimedia.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of this course students will have acquired knowledge, skills and competences that will allow them to:**- Understand:**a) General concepts of Multimedia Information Systems;**b) Principles of abstract and formal reasoning in the design and analysis of Content Management Systems.**- Be able to:**a) Experiment with multimedia information systems;**b) Exercise creativity and imagination in the realization of practical work;**c) Achieve the objectives proposed in the laboratory work.**d) Exercise teamwork and time management.**- To know:**a) Major trends in multimedia information systems;**b) The main technologies supporting multimedia information systems.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1: Introdução aos sistemas de informação multimedia
- 2: Troca de Informação – Formatos:
 - Hipertexto, hipermedia.
 - Linguagens de Marcas: XML, XHTML, ...
- 3: Internet & WWW
- 4: Linguagens de Programação Web - Perl, Python, ...
- 5: MiddleWare:
 - de CGI ... a ... ASP / JSP ... a ... CMS
- 6: Arquiteturas Orientadas à Web:
 - WAMP, LAMP, xAMP, ...
 - Applets, Servlets, ...
- 7: Ferramentas de Autoria
- 8: Sistemas de Gestão de Conteúdos (CMSs)
- 9: Aplicações para Dispositivos Móveis - as Apps

4.4.5. Syllabus:

- 1: Introduction to multimedia information systems
- 2: Information Exchange - Formats:
 - "Hypertext, hypermedia."
 - Brand languages: XML, XHTML, ...
- 3: Internet & WWW
- 4: Web Programming Languages - Perl, Python, ...
- 5: MiddleWare:
 - From CGI... to... ASP / JSP... to... CMS
- 6: Web Oriented Architectures:
 - WAMP, LAMP, xAMP, ...
 - Applets, Servlets, ...
- 7: Authoring Tools
- 8: Content Management Systems (CMSs)
- 9: Mobile Apps - the Apps

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

Os tópicos incluídos nesta unidade e respetiva sequência visam fornecer um conjunto de conhecimentos numa área de importância crescente e que combina diferentes tipos de informação. A unidade é tipicamente seguida por estudantes que já conhecem sistemas de informação tradicionais (aprendidos noutra unidade). As principais áreas cobertas incluem o estudo dos principais formatos de informação, a organização e acesso a essa informação na Internet, e os sistemas de gestão de conteúdos (também numa perspetiva de Internet). A par da componente teórica, a unidade inclui uma forte componente experimental, o que permite a aquisição de competências de saber fazer. Os aspetos de trabalho de grupo e integração de componentes contribuem também para a aquisição das competências não técnicas.

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

The topics included in this unit and their sequence are intended to provide a set of knowledge in an area of increasing importance and combining different types of information. The unit is typically followed by students who already know traditional information systems (learned in another unit). The main areas covered include the study of key information formats, the organization and access to this information on Internet, and content management systems (also from an Internet perspective). Alongside the theoretical component, the unit includes a strong experimental component, which allows the acquisition of know-how skills. Group work aspects and component integration also contribute to non-technical skills.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta unidade inclui duas componentes interligadas: uma parte teórico-prática e uma parte laboratorial. Componente teórico-prática: Aulas de exposição seguidas de exemplificação e discussão. Componente laboratorial: Para cada trabalho: Apresentação do enunciado, tutorial sobre as tecnologias / ferramentas a usar, discussão do método de trabalho, realização do trabalho pelos estudantes acompanhados por docente e elaboração de relatório. A avaliação é baseada em mini-testes e nos trabalhos práticos (com discussão).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This unit includes two interconnected components: a theoretical-practical part and a laboratory part. Theoretical-practical component: Lectures followed by exemplification and discussion. Laboratory component: For each work: Presentation of the problem statement, tutorial on the technologies / tools to use, discussion of the working method, students' work accompanied by the teacher and report writing. The assessment is based on mini-tests and practical work (with discussion).

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

Através das aulas teórico-práticas no formato de apresentações dos conceitos envolvidos, bem assim como discussão dos métodos e técnicas com demonstrações, os estudantes absorvem a matéria da disciplina. A realização de mini-testes ajuda a levá-los a estudar e consolidar tais conceitos ao longo do semestre. Com a realização de protótipos exemplificativos dos conceitos estudados, os estudantes experimentam os conceitos e apercebem-se da sua importância. Para além disso, o facto de estes trabalhos serem realizados com ferramentas usadas em ambientes de desenvolvimento sobre a Internet, introduz um bom elemento de motivação que facilita a aprendizagem.

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

Through the theoretical-practical classes in the format of presentations of the concepts involved, as well as discussing methods and techniques with demonstrations, students absorb the subjects. The realization of mini-tests helps to lead them to study and consolidate such concepts throughout the semester. By making prototypes of the concepts studied, students experience the concepts and realize their importance. In addition, the fact that these works are carried out with tools used in Internet development environments, introduces a good element of motivation that facilitates learning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

-Course handouts (collection of slides).

Mapa IV - Conceção de Sistemas Digitais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Conceção 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:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Luís Filipe dos Santos Gomes - TP:28, PL:28

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

Anikó Katalin Horvath da Costa - PL:28

Filipe de Carvalho Moutinho - PL:28

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

A disciplina pretende dotar os estudantes com conhecimentos básicos de conceção de sistemas digitais, dando ênfase às componentes de especificação comportamental e de descrição através da linguagem VHDL que lhes permitam implementar e testar sistemas digitais privilegiando plataformas de implementação baseadas em FPGAs.

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

The course aims to provide students with basic understanding of digital systems design, emphasizing behavioral specification and hardware description language such as VHDL, to allow them to implement and test digital systems, with emphasis on implementation platforms based on FPGAs.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Especificação de Sistemas Digitais: formalismos gráficos versus textuais. Diagramas de Estado. Síntese de Sistemas Digitais: implementações síncronas e assíncronas. Utilização de dispositivos de lógica programável (das PALs e CPLDs às FPGAs).

Linguagens de descrição de hardware, VHDL.

Estadogramas (Statecharts): características, profundidade, ortogonalidade, comunicação; questões de implementação.

Redes de Petri (RdP): características, classes RdP de baixo-nível e de alto-nível, extensões não-autónomas (tempo, eventos e ações), questões de implementação; análise de RdPs, construção do espaço de estados.

Modelação e Teste de Sistemas Digitais: modelos, simulação coerente, micro-passos. Teste de Sistemas Digitais: teste de lógica combinatória, observabilidade e controlabilidade, modelos de falhas, teste de circuitos sequenciais, técnicas de varrimento, teste funcional, geração de vetores de teste, técnicas de compressão de respostas, auto-teste embutido (BIST).

4.4.5. Syllabus:

Specification of digital systems: Graphical versus textual formalisms. State diagrams. Digital systems synthesis: synchronous and asynchronous implementations. Programmable logic devices based implementations (from PALs and CPLDs to FPGAs).

Hardware description languages, VHDL.

Statecharts: characteristics, depth, orthogonality, broadcast; implementation issues.

Petri nets: characteristics, low-level and high-level classes, non-autonomous extensions (time, events, actions), implementation issues; analysis, state space construction.

Modeling and test of digital systems: models, simulation. Test: combinatorial logic, observability and controllability; fault models, sequential circuit testing, scan techniques. DFT-design for testability. Functional testing. Compression techniques. Test vector generation. BIST-built-in self-test.

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

Os objetivos de aprendizagem indicados e a sequência dos conteúdos programáticos previstos estão diretamente associados, permitindo ir adquirindo gradualmente competências intermédias.

Os objetivos de aprendizagem identificados permitem ir verificando a obtenção de competências (ao nível do saber, do saber fazer e de soft-skills) ao longo dos conteúdos programáticos apresentados (que se encontram estruturados em cinco grupos), sendo possível uma associação direta entre os objetivos de aprendizagem e os referidos grupos de conteúdos programáticos, suportados pelos exercícios propostos para as aulas de laboratório.

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

The learning outcomes and the sequence foreseen in the provided syllabus are directly associated, gradually letting go acquiring intermediate skills.

The identified learning outcomes allow checking obtaining skills (level of knowledge, know-how and soft-skills) over the presented syllabus (which are structured into five groups), as it is possible a direct association between learning outcomes and syllabus groups, supported by a sequence of proposed exercises for the laboratory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de exposição teórico-prática com duas horas semanais onde, sempre que possível, se fomenta a discussão de temas permitindo dar ênfase diferenciada em aspetos conceptuais, nomeadamente em formalismos de especificação de sistemas (máquinas de estado, estadogramas e redes de Petri), bem como em aspetos de implementação e de tecnologia de sistemas digitais, nomeadamente as linguagens de descrição de hardware (VHDL) e plataformas utilizando dispositivos reconfiguráveis tipo FPGAs.

As aulas práticas são aulas de laboratório com a duração de duas horas semanais, onde os alunos realizam mini-projetos "da especificação à implementação".

Cada grupo de trabalho recebe uma placa de experimentação (com uma FPGA).

A avaliação é garantida através de 3 testes individuais (componente teórica) e da realização de dois mini-projetos em grupos de 2 ou 3 estudantes (componente prática).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical subjects are offered in lectures, two hours per week in which discussions are promoted, whenever possible, allowing emphasizing different aspects, from conceptual (namely in systems specification formalisms based on state machines, statecharts, and Petri nets), as well as on implementation aspects and technology of digital systems, including hardware description languages (VHDL) and reconfigurable devices platforms (FPGAs).

The lab classes lasting for two hours per week, where students undertake mini-projects "from specification to implementation", with increasing degree of autonomy, using professional level computational tools.

Each group receives one working experimentation board (with one FPGA) allowing testing outside the laboratory.

The evaluation is guaranteed through 3 individual tests (theoretical component) and conducting two mini-projects in groups of 2 or 3 students (practice component).

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

Complementando a aquisição de conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes ao nível conceptual, é dada uma ênfase especial ao nível da experimentação e da utilização de tecnologias de implementação de circuitos digitais, permitindo reduzir a distância normalmente observada nos estudantes quando se trata de "mexer" diretamente com dispositivos físicos. Para isso todos os grupos de trabalho (constituídos tipicamente por três ou dois estudantes) recebem um kit de experimentação constituído por um dispositivo lógico programável de complexidade média (uma FPGA), sendo possível a sua utilização fora do laboratório de aulas e sua integração nos processos de estudo autónomo dos estudantes. Desta forma, a resolução analítica de problemas propostos é complementada com a experimentação associada, permitindo aumentar os níveis de sucesso na aprendizagem. Desta forma, os objetivos de aprendizagem indicados são plenamente suportados pela metodologia de ensino proposta contemplando uma componente de aprender através da experimentação.

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

Complementing the acquisition of knowledge, skills and competencies developed by students at the conceptual level, a special emphasis is given to the experimentation level, as well as to the use of digital circuitry implementation technologies, reducing the distance usually observed in students when it comes to "play" directly with physical devices. For that, all groups of students (typically composed by three or two students) receive an experimentation kit equipped with a programmable logic device of medium complexity (an FPGA), which can be used outside of the lab classes, and be completely integrated in the processes of students' autonomous study. In this way, the analytical resolution of problems is complemented with associated experimentation, enabling improving levels of success in the learning process.

Thus, the learning objectives listed are fully supported by the teaching methodology proposed accomodating a component of learning through experimentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Introduction to Programmable Logic"; K. Parnell and N. Mehta; Xilinx 2004

"Hardware-level Design Languages", L. Gomes, A. Costa; "The Industrial Information Technology Handbook"; R. Zurawski (Editor-in-Chief), section VI – Real time embedded systems; chapter 84; CRC; ISBN 0849319854; 2005; pp. 84-1, 84-18

"Checking experiments in sequential machines", pp. 147-150; A. Bhattacharyya; John Wiley & Sons, 1989

"VHDL for Designers", S. Sjoholm, Lennart Lindh; Prentice Hall, 1997, ISBN 0-13-473414-9

"Statecharts: a visual formalism for complex systems", vol. 8, pp. 231-274; D. Harel; Science of Computer Programming 1987

"Petri Nets and Industrial Applications: A Tutorial", Richard Zurawski and MengChu Zhou; IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.41, no. 6, December 1994, pp. 567-583

"Digital Logic Circuit Analysis and Design", sec. 2.7.4 & c. 12; V. Nelson, H. Troy Nagle, B. Carroll, J. David Irwin; Prentice Hall 1995; ISBN 0-13-463894-8

Mapa IV - Sistemas Sensoriais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Sistemas Sensoriais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Sensorial Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*José Manuel Matos Ribeiro da Fonseca - TP:112***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***André Teixeira bento Damas Mora - PL:56**Filipe de Carvalho Moutinho - PL:56**João Pedro Leal Abalada de Matos Carvalho - PL:84***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina pretende dotar os estudantes com conhecimentos sólidos na área do processamento de imagem utilizando para tal a linguagem C# que se considera de grande utilidade para o futuro dos alunos. Ao longo da disciplina é dada grande ênfase à implementação de processamento de imagem em tempo real sendo dada uma grande importância à eficiência do código produzido.

Por outro lado, são transmitidos aos alunos conceitos elementares de sensores sendo os alunos colocados perante a necessidade de dimensionar e montar um mínimo de dois sensores de tipos diferentes e efetuar a sua calibração.

Objetivos:

Saber

- Domínio da linguagem C#
- Implementação de funções de processamento de imagem com preocupações de eficiência
- Programação em tempo real
- Domínio da seleção, projeto e montagem de sensores
- Calibração de sensores

Fazer

- Desenvolvimento de software estruturado
- Utilização de bibliotecas de funções
- Projeto e implementação de sistemas baseados em sensores

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

This course allows the students to acquire solid knowledge in the area of digital image processing using the C# programming language that is considered to be of great interest to the students professional career. Along the classes a great emphasis to real time processing is given with special attention to code efficiency.

Besides the image processing sensors, other types of sensors are also studied and the students project and implement a minimum of two circuits based on different sensors that they test and calibrate.

Objectives:

To know:

- Knowledge of the C# programming language
- Implementation of image processing techniques with emphasis on the efficiency
- Real time programming
- Selection, project and implementation of sensor-based circuits
- Sensors calibration

To do:

- Development of structured programming
- Usage of software libraries
- Project and implementation of sensors-based circuits

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução - Etapas do reconhecimento baseado em imagens.
- Formação da imagem
- Pinhole
- Utilização de lentes
- Relações abertura/profundidade de campo e abertura/velocidade
- Sensores de imagem
- Acondicionamento da imagem
- Operações geométricas
- Translação, Rotação e Escalamento
- Métodos espaciais
- Filtros de média linear e não linear, média de imagens, mediana, k-nearest neighbor, Sigma, diferenciação, Roberts, Sobel e Quadtree
- Binarização e processamento de imagens binárias
- Histograma, C-means e Otsu
- Segmentação
- Algoritmos de componentes ligados e projeções
- Extração de características
- Características básicas, chain code, Fresnell, Esqueletização (eixo médio e algoritmo de Zhang e Suen)
- Sensores
- Definições
- Caracterização de sensores

- *Tecnologia de sensores e aplicações*
- *Exemplo de sensores - posição, nível e deslocamento, presença e movimento, velocidade e aceleração, força, pressão, fluxo, acústicos, humidade e pó, luz, termopilha e temperatura*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction – Typical steps of image processing*
- *Image formation*
- *Pinhole*
- *Lens*
- *Aperture vs Depth of field and Aperture vs Shutter speed*
- *Image sensors*
- *Basics of image processing*
- *Geometric image transformations*
- *Translation, Rotation and Scaling*
- *Spatial methods*
- *Linear and non-linear averaging, image averaging, median, k-nearest neighbor, Sigma, Roberts, Sobel and Quadtree*
- *Binarization and binary image processing*
- *Histogram, C-means and Otsu*
- *Image segmentation*
- *Connected components and projections*
- *Feature extraction*
- *Basic features calculation: chain code, Fresnell, Skeletoning (medial axis and Zhang and Suen)*
- *Sensors*
- *Definitions*
- *Sensors characterization*
- *Sensors technology and applications*
- *Examples of real world sensors – positioning, level, displacement, presence and movement, speed and acceleration, strength, flux, acoustic, humidity, powder, light and temperature.*

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

As aulas TP apresentam os conceitos que são usados na implementação prática efetuada nas aulas práticas da disciplina. A coordenação entre as aulas TP e as aulas PL é efetuada através de reuniões regulares dos docentes de forma que os temas sejam abordados na TP sempre imediatamente antes da sua implementação ser sugerida nas aulas práticas.

A disciplina é avaliada na componente teórica através 2 testes escritos e de um conjunto de 9 testes no moodle, os quais conseguem que os alunos façam um acompanhamento regular das matérias lecionadas.

A componente prática é avaliada através de dois trabalhos práticos. Um deles é um projeto de software onde os alunos desenvolvem um programa completo para o processamento de imagem e o outro um relatório em que alunos apresentam o dimensionamento e os resultados obtidos na montagem de dois sensores de diferentes tipos.

Pode, portanto, afirmar-se que os alunos têm plena oportunidade de aplicar os conceitos apresentados nas aulas TP.

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

The TP sessions - Including the presentation of the theoretical concepts - introduce the techniques used on the PL sessions. The coordination between TP and PL sessions is achieved through regular meetings between the professors in such a way that the subjects explored during the TP sessions are the ones applied on the subsequent PL session. The course is assessed in the theoretical component through 2 written tests and a set of 9 tests in moodle, which enable students to regularly follow the subjects explored in TP sessions.

The practical component is assessed through two practical assignments. The first is a software project where the students develop a complete image processing system. The second is a report about the laboratory experiments describing the results achieved on the project and implementation and calibration of small sensor based circuits. The students have plain opportunity to apply and test the concepts presented on the TP sessions.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas TP fazem a introdução dos conceitos e apresentam problemas que são resolvidos na aula com a participação dos alunos. Nas aulas PL de processamento de imagem os alunos desenvolvem pequenos projetos que servem de base ao projeto de software. O projeto de software serve para os alunos fazerem a consolidação dos conceitos de processamento de imagem num trabalho de maior dimensão.

Os conceitos da componente de sensores são apresentados nas aulas TP, sendo as aulas PL utilizadas para os alunos efetuarem o projeto e montagem de diversos sensores dos quais medem as características principais e efetuam a calibração de forma a contactarem com problemas e sensores reais.

No final da disciplina ambos os trabalhos práticos são apresentados e discutidos com os docentes. A avaliação é dividida entre 40% para a componente prática (80% primeiro trabalho e 20% para o segundo) e 60% para a teórica (75% notas dos testes ou exame e 25% nota dos testes moodle).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The Problem-solving sessions (TP) introduce the concepts and solve problems with the active participation of the students. In the PL sessions dedicated to image processing the students consolidate the concepts by developing a small image processing software project.

The fundamental concepts of the generic sensors component are presented on the TP sessions. On the laboratory sessions the students develop their knowledge of real world sensors by projecting and implementing small sensor based circuits that they calibrate and report the results.

At the end of the course both practical assignments are presented and discussed with the professors. The assessment is divided between 40% for the practical component (80% for the first assignment and 20% for the second) and 60% for the theoretical one (75% for the test or exam and 25% for the moodle test).

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

Os objetivos da disciplina passam por dotar os alunos de capacidades para desenvolverem projetos envolvendo sensores de diversas naturezas, com especial ênfase no projeto de software para processamento de imagem com preocupações de tempo-real. Como tal, a componente experimental da disciplina, em que os alunos desenvolvem os seus próprios projetos de software e projetam e implementam os seus circuitos envolvendo sensores de diferentes naturezas garante a experimentação essencial para que a aprendizagem se faça de uma forma efetiva, dotando os alunos de conhecimentos e autoconfiança necessárias para que estes possam vir a assumir a responsabilidade de desenvolverem os seus próprios projetos.

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

The main course objective is to give the students the ability to develop sensors-based projects of different kinds and nature where a special emphasis on real-time image processing is given. Therefore, the experimental component of the course, where the students develop their own projects and implement their own circuits based on different kind of sensors is the guarantee of an effective learning that empowers the students with knowledge and self-reliance so that they can eventually take responsibility for their own development projects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Acetatos das aulas teórico-práticas (slides of the Problem-solving sessions)
Digital Image Processing. Rafael C Gonzalez and Richard Eugene Woods. Prentice Hall
AIP Handbook of Modern Sensors. Physics, Designs and Applications. Jacob Fraden. American Society of Physics.
Interfacing sensors to the IBM PC. Willis J. Tompkins, John G. Webster. Prentice Hall*

Mapa IV - Sistemas de Aquisição de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas de Aquisição de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Acquisition Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Ricardo Luis Rosa Jardim Goncalves - TP:56; PL:28

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

Filipe Moutinho - PL:56

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

A unidade curricular proporciona que os estudantes desenvolvam competências no domínio dos sistemas para aquisição de dados, nomeadamente que aprendam os conceitos básicos e os saibam aplicar num contexto de engenharia em diversos domínios de aplicação.

Objetivos:

Saber:

- Conceitos básicos de sistemas de aquisição de dados
- Arquiteturas de Sistemas de Aquisição de Dados (SAD),
- Condicionamento de Sinais e conversões A/D e D/A
- Interfaces para aquisição de dados

Fazer:

- Desenhar sistemas para aquisição de dados
- Desenvolver soluções em diferentes contexto operacionais

Soft-Skills / Soft Skills

- Análise e formalização de especificação de problemas
- Aprender a trabalhar em grupo
- Aprender a apresentar uma proposta publicamente
- Aprender a gerir o tempo

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

The discipline provides that students develop competencies in the domain of data acquisition systems, namely they learn and understand the basic concepts and know how to apply them in an engineering context in diversified application domains.

Objetivos:

Knowledge:

- Basic concepts of data acquisition systems
- Architectures for Data Acquisition Systems (SAD)
- Signal conditioning and D/A – A/D converters
- Interfaces for data acquisition

Know-how:

- Design of data acquisition systems
- Development of solutions in different operational contexts

Soft-Skills:

- Analysis and formalization of problems' specifications
- Learn how to behave in teamwork
- Learn how to present publically a proposal of work
- Learn how to manage time

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Arquiteturas de Sistemas de Aquisição de Dados (SAD), caracterização genérica de SAD; identificação de blocos principais; caracterização das funções; metodologias de desenvolvimento de sistemas dedicados.*
- *Condicionamento de Sinais: utilização de amplificadores operacionais, compensações e correções lineares e não-lineares, conversões tensão/corrente/frequência, isolamento galvânico, análise de casos e aplicações com diversos transdutores.*
- *Conversão Digital-Analógica: caracterização, especificação de conversores, métodos diretos e indiretos, arquiteturas.*
- *Conversão Analógica-Digital: caracterização, especificação de conversores, métodos assíncronos, com controlador diretos e indiretos, arquiteturas.*
- *Arquiteturas de sistemas de Aquisição de Dados: soluções centralizadas versus distribuídas, instrumentação tradicional versus instrumentação virtual, LabView, sistemas remotos, interfaces.*
- *Análise de Casos.*

4.4.5. Syllabus:

- *Architectures for Data Acquisition Systems (SAD), general characterization of SAD, identification of principal blocks, characterization of functions, methodologies for the development of dedicated systems*
- *Signal conditioning: use of operational amplifiers, compensations and linear/non-linear corrections, conversions V/A/F, galvanic isolation, use cases and applications using different transducers.*
- *Analogic/Digital converting: Characterization, specification of converters, asynchronous methods, with direct and indirect controller, architectures.*
- *Digital/Analog converting: Characterization, specification of converters, asynchronous methods, with direct and indirect controller, architectures.*
- *Architectures for SAD: Centralized vs Distributes solutions, traditional vs. virtual instrumentation. LabView, remote systems, interfaces.*
- *Analysis of use cases.*

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

Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os problemas propostos e desenvolver soluções para os resolver.

Os exercícios propostos nas várias fichas de exercícios cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas envolvidas, e exercitando a sua utilização.

Os trabalhos teóricos e práticos em que os estudantes são avaliados, não só contribuem para essa avaliação, mas expõem os estudantes a um problema de alguma dimensão, exigindo um esforço na sua estruturação, bem como a interação dos vários componentes, seguindo-se de uma apresentação individual pública dos mesmos.

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

In the lab classes, the students develop the ability of analysing the proposed problems and develop solutions to solve them.

The exercises proposed in the lab classes scripts address the various concepts and techniques taught in the course, requiring from the students their understanding as well as training their use.

The evaluation works where the students are assessed, not only contribute to this assessment, but additionally it also exposes the students to problems with some dimension, requiring some effort to develop their structuring as well as to command the interaction of the various components, having an individual public presentation of them.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Teórica em sala de aula. Práticas em laboratório em grupos de máx. 3 estudantes. Desenvolvimento individual de pesquisa sobre um tema relacionado com as teóricas.

- relatório do trabalho sobre a componente teórica. Individual + relatório/resolução de exercícios de aulas práticas

- relatório de avaliação da componente teórica de um colega

- relatórios de 1º trabalho prático

- relatórios de 2º trabalho prático

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical work in classroom. Practical work in lab, developed in groups of 3 students maximum. Development of individual research about a specific subject addressed in the theoretical classes.

- Report of the work related with the theoretical component + report/resolution of exercises during the practical classes

- Evaluation report about the theoretical work developed by a colleague

- Report about the 1st practical work

- Report about the 2nd practical work

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

Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os problemas propostos e desenvolver soluções para os resolver.

Os exercícios propostos nas várias fichas de exercícios cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas envolvidas, e exercitando a sua utilização.

Os trabalhos teóricos e práticos em que os estudantes são avaliados, não só contribuem para essa avaliação, mas expõem os estudantes a um problema de alguma dimensão, exigindo um esforço na sua estruturação, bem como a interação dos vários componentes, seguindo-se de uma apresentação individual pública dos mesmos.

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

In the lab classes, the students develop the ability of analysing the proposed problems and develop solutions to solve them.

The exercises proposed in the lab classes scripts address the various concepts and techniques taught in the course, requiring from the students their understanding as well as training their use.

The evaluation works where the students are assessed, not only contribute to this assessment, but additionally it also exposes the students to problems with some dimension, requiring some effort to develop their structuring as well as to command the interaction of the various components, having an individual public presentation of them.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- "Operational Amplifiers & Linear Integrated Circuits", Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll,
- "Operational Amplifiers", Charles F. Wojslaw, Evangelos A. Moustakas,
- "USB mass storage", Axelsson, Jan
- "Bluetooth application programming with the Java APIs", Kumar, C. Bala
- "Data acquisition techniques using PC's", Austerlitz, Howard
- "Data acquisition for sensor systems", Taylor, H. Rosemary
- "Smart card handbook", Rankl, W.

Mapa IV - Desenvolvimento e Teste de Sistemas Digitais**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Desenvolvimento e Teste de Sistemas Digitais***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Digital Systems Development and Testing***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Anikó Katalin Horváth da Costa - TP:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Luís Filipe dos Santos Gomes - PL:28***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Descrever o processo de desenvolvimento de sistemas digitais e o seu ciclo de vida**Modelar sistemas digitais utilizando UML (Unified Modeling Language)**Realizar sistemas digitais dedicados com base em plataformas de prototipagem rápida em hardware aberto/baixo custo**Analisar técnicas de “projeto para a testabilidade”**Analisar técnicas para geração de testes funcionais aplicados a sistemas digitais específicos***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Describe the process of developing digital systems and their life cycle**Modeling digital systems using UML (Unified Modeling Language)**Implement dedicated digital systems based on rapid prototyping platforms in open/low cost hardware**Analyze "design for testability" technics**Analyze functional test generating techniques applied to specific digital systems***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Processos de desenvolvimento de sistemas.**Desenvolvimento baseado em modelos.**Diagramas de UML – Unified Modeling Language**- Diagramas comportamentais.**- Diagramas estruturais.**Ambientes de automatização de projeto.**Análise e seleção de plataformas de prototipagem rápida de sistemas digitais.*

*Projeto para a testabilidade.
Teste funcional de sistemas eletrónicos.*

4.4.5. Syllabus:

*System development processes.
Model-based development.
UML Diagrams - Unified Modeling Language
- Behavioral Diagrams.
- Structural Diagrams.
Design Automation environments.
Analysis and selection of platforms for digital systems rapid prototyping.
Design for testability.
Functional testing of electronic systems*

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

Os objetivos de aprendizagem identificados permitem ir verificando a obtenção de competências (ao nível do saber, do saber fazer e de competências não-técnicas) ao longo dos conteúdos programáticos apresentados, sendo possível uma associação direta entre os objetivos de aprendizagem e os referidos grupos de conteúdos programáticos, suportados pelos exercícios propostos para as aulas de laboratório.

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

The identified learning outcomes allow obtaining new skills (at knowledge, know-how and soft-skills levels) related with the presented syllabus, being possible a direct association between the learning outcomes and the aforementioned syllabus, supported by exercises proposed to be carried out during laboratory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Considera-se 1 aula teórico-prática de 2 horas semanais, complementando com 1 aula prática de 2 horas semanais, onde serão mantidas ênfases diferenciadas na exposição dos conteúdos programáticos e sua discussão, complementados pela realização de pequenos projetos com complexidade crescente, permitindo consolidar as matérias.

Cada grupo de alunos recebe um kit de experimentação para a realização dos projetos, podendo ser utilizados fora do laboratório.

A avaliação é garantida através da realização de 2 mini-projetos, e da elaboração de dois resumos sobre dois artigos científicos ou capítulos de livro previamente selecionados.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

It is considered 1 lecture of 2 hours per week, complemented with 1 laboratory of 2 hours per week. where differentiated emphases will be kept in the exposition of syllabus and its discussion, complemented by the completion of small projects with increasing complexity, allowing consolidating the subjects.

An experimentation kit supporting the realization of projects is distributed to each Student group, and can be used outside of the laboratory.

The assessment is ensured through 2 mini-projects, and the elaboration of two summaries on two scientific articles or book chapters previously selected.

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

É dada uma ênfase especial ao nível da experimentação e da utilização de plataformas para prototipagem rápida de sistemas digitais com especial atenção às soluções de hardware aberto e de baixo custo.

Para isso todos os grupos de trabalho recebem um kit de experimentação, sendo possível a sua utilização fora do laboratório de aulas e sua integração nos processos de estudo autónomo dos estudantes. Desta forma, a exposição dos conteúdos programáticos é complementada com a experimentação associada, permitindo aumentar os níveis de sucesso no atingir dos objetivos de aprendizagem.

A escrita dos resumos de trabalhos técnico-científicos elaborados no âmbito da avaliação estimula o sentido crítico.

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

Special emphasis is given to experimentation and to the use of digital systems rapid prototyping platforms with particular attention to open hardware and low cost solutions. For this, all student groups receive an experimentation kit, which can be used outside the laboratory classes, and be integrated in the autonomous learning students' processes. In this way, the presentation of the syllabus is complemented with associated experimentation, allowing increasing the levels of success in achieving learning outcomes.

Writing of summaries associated with technical and scientific works (produced within assessing activities) stimulates the critical reasoning of students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Digital Logic Circuit Analysis & Design* - Victor P. Nelson, H. Troy Nagle, J. David Irwin, Bill D. Carroll - Prentice Hall - ISBN 0-13-463894-8
2. *Digital Systems Testing and Testable Design* – Miron Abramovici, Melvin A. Breuer, Arthur D. Friedman – IEEE Press – ISBN 0-7803-1062-4
3. *The Unified Modeling Language Reference Manual* – James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grady Booch – Addison-Wesley – ISBN 0-321-24562-8
4. *Software Engineering* – Ian Sommerville – ISBN 0-201-39815-X

Mapa IV - Percepção Sensorial**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Percepção Sensorial***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Sensorial Perception***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Manuel Matos Ribeiro da Fonseca - TP:28; PL:56***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina pretende dotar os estudantes de conhecimentos sólidos no desenho de classificadores automáticos e possíveis aplicações como sejam os sistemas de identificação biométrica. Serão abordados diversas técnicas de classificação automática, nomeadamente, vizinho-mais-próximo, redes neuronais, árvores de decisão, algoritmos genéticos, classificadores difusos, entre outros, assim como, técnicas de avaliação dos resultados dos mesmos classificadores.

Espera-se que com o contacto por parte dos alunos com as várias técnicas, através da resolução de vários problemas práticos usando cada uma das técnicas, que estes fiquem com a capacidade de desenhar sistemas de apoio à decisão e avaliar o seu desempenho.

*Objetivos:**Saber*

- *Construir classificadores automáticos*
- *Avaliar a performance dos classificadores*
- *Desenvolver aplicações de sistemas de apoio à decisão*

Fazer

- *Desenvolvimento de classificadores automáticos*
- *Integração de sistemas de apoio à decisão*

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

The course aims to give students sound knowledge in the design of automatic classifiers and its applications such as biometric identification systems. It will analyse different techniques for automatic classification, including nearest neighbour classifiers, baysean classifiers, neural networks, decision trees, genetic algorithms and fuzzy classifiers as well as techniques for evaluating the results of these classifiers.

It is expected that, with the contact the different techniques and by solving various practical problems using each technique, the students become able to design decision support systems and effectively evaluate their performance.

Objetives:

To know:

- Automatic classifiers design
- Automatic classifiers performance evaluation
- Applications of decision support systems

To do:

- Development of automatic classifiers
- Integration of decision support systems

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução à linguagem Python
- Características principais do Python
- Variáveis, tipos de dados, expressões e operadores
- Estruturas de controle
- Módulos e funções
- Manipulação de strings
- Listas, tuplos, sets e dicionários
- Bibliotecas de Python para Machine Learning
- Introdução ao desenho de classificadores.
- Estimação da qualidade.
- Noção de erro e de custo.
- Métodos de estimação de erro.
- Classificadores de vizinhança.
- Classificadores baseados em árvores de decisão.
- Métodos de partição de características discretas e contínuas.
- Critérios de seleção de atributos.
- Métodos de limitação do crescimento.
- Florestas de árvores de decisão.
- Classificadores baseados em redes neuronais.
- O perceptrão.
- Aprendizagem por retro-propagação.
- Algoritmos genéticos.
- Classificadores difusos.
- Inferência e álgebra difusa.
- Princípios de controladores e classificadores difusos
- Processamento de características biométricas.

4.4.5. Syllabus:

- Introduction to Python programing
- Python main characteristics
- Variables, data types, expressions and operators
- Basic control structures
- Modules and functions
- Strings manipulation
- Lists, tuples, sets and dictionaries
- Libraries for Machine Learning
- Introduction to automatic classifiers design
- Estimation of a classifier quality
- Error and cost
- Error estimation.
- Nearest-neighbor classifiers.
- Decision trees.
- Methods for the partition of discrete and continuous characteristics
- Criteria for selection of attributes
- Methods for limiting the growth of decision trees
- Decision trees forests
- Neural networks.
- The perceptron
- Back-propagation
- Multilayer neural networks
- Classifiers based on genetic algorithms.
- Fuzzy classifiers
- Principles of fuzzy controllers
- Fuzzy inference

- Fuzzy Algebra

• Biometric techniques - Identification systems based on biometrics: iris recognition, retina, hand, fingerprint, face, etc.

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

As aulas teórico-práticas apresentam os conceitos e efetuam exercícios de aplicação que servem de base à implementação prática efetuada nas aulas práticas da disciplina. A coordenação entre as aulas TP e as aulas P é efetuada através de reuniões regulares dos docentes de forma que os temas sejam abordados na TP sempre imediatamente antes da sua implementação ser sugerida nas aulas práticas.

A disciplina é avaliada, para além dos dois testes que avaliam a componente teórica, através de dois trabalhos práticos. Um deles é um projeto de software onde os alunos desenvolvem um programa completo para análise de dados de média/grande dimensão. O segundo trabalho consiste na elaboração de um relatório individual de resposta aos guiões apresentados nas aulas práticas relativas aos vários classificadores automáticos. Pode portanto afirmar-se que os alunos têm plena oportunidade de aplicar os conceitos apresentados nas aulas teórico-práticas.

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

The problem solving lessons present concepts that are used in the practical implementation carried out in the practical lessons of the course. Coordination between the classes and the classes P TP is done through regular meetings of teachers so that issues are addressed in TP always immediately before its implementation is suggested in the practical classes.

The course is assessed by two tests that evaluate the theoretical component and two practical assignments. One of the practical assignments is a software project where students develop a complete program for data analysis of medium/large data size. The other work is the preparation of a report to respond to individual scripts presented in the practical classes for the various automatic classifiers techniques.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas Teórico-práticas fazem a introdução dos conceitos e apresentam problemas que são resolvidos na aula com a participação dos alunos. Nas aulas práticas os alunos resolvem guiões que os levarão a criar e avaliar a performance dos vários classificadores apresentados nas aulas TP. No final do semestre as aulas práticas serão dedicadas à elaboração de um projeto de um sistema de apoio à decisão completo usando uma ou mais das técnicas de classificação aprendidas.

O projeto serve para os alunos fazerem a consolidação dos conceitos de classificação automática abordados ao longo da disciplina num trabalho de maior dimensão.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Problem solving classes introduce the concepts and present problems that are solved in the classroom with student participation. In practical classes students solve scripts that will lead them to create and evaluation of the performance of several classifiers presented in the problem solving classes. At the end of the semester practical classes will be devoted to preparing a draft of a decision support system using one or more of the classification techniques learned. The project is for students to consolidate their knowledge about automatic classification and related concepts discussed throughout the course.

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

Os objetivos da disciplina passam por dotar os alunos de capacidades para desenvolverem e avaliarem projetos envolvendo sistemas de apoio à decisão. Como tal, a componente experimental da disciplina, em que os alunos desenham e desenvolvem os seus próprios sistemas de apoio à decisão, garante a experimentação essencial para que a aprendizagem se faça de uma forma efetiva, dotando os alunos de conhecimentos e autoconfiança necessárias para que estes possam vir a assumir a responsabilidade de desenvolverem os seus próprios projetos.

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

The objectives of the course are to provide students with the skills to develop and evaluate projects involving decision support systems. As such, the experimental component of the course, in which students design and develop their own systems for decision support, is essential to ensure that learning is done in an effective way, providing the students with knowledge and self-confidence so that they can eventually take responsibility for their own development projects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Aurelien Geron (2019). *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow : Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. O'Reilly Media, Inc, USA
- Eric Matthes (2019). *Python Crash Course, 2nd Edition*. No Starch Press
- Leo Breiman, Jerome Friedman, Charles J. Stone, R.A. Olshen. *Classification and Regression Trees*. Chapman and Hall, New York.
- Quinlan, Ross J. (1993). *C4.5: Programs for Machine Learning*. San Mateo, California. Morgan Kaufmann.
- Weiss S. M., Kulikowski C. A. (1991) *Computer systems that learn*. San Mateo, California. Morgan Kaufmann.
- Fonseca, José M. (1994). *Indução de Árvores de Decisão*. Tese de Mestrado

Mapa IV - Arquiteturas para Integração de Sistemas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Arquiteturas para Integração de Sistemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:*Architecture for Systems Integration***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Ricardo Luís Rosa Jardim Gonçalves - TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***A UC proporciona que os estudantes desenvolvam competências no domínio da interoperabilidade entre sistemas e nas arquiteturas para a integração desses sistemas.***Objetivos:****Saber:**

- Conceitos básicos de interoperabilidade e integração entre sistemas
- Arquiteturas de Integração de Sistemas,
- Normas para modelação de dados e processos
- Tecnologias para a integração de sistemas
- Morfismos de modelos, tradutores, transformação e sistema de interface.
- Metamodelos e integração multinível de modelos.

Fazer:

- Desenhar soluções para integração de sistemas
- Desenvolver soluções em diferentes contexto operacionais
- Facilitadores e geradores automáticos de código.
- Arquiteturas abertas para interoperabilidade
- Testes de conformidade e para verificação de interoperabilidade entre sistemas.

Soft-Skills:

- Análise e formal especificação de problemas
- Aprender a trabalhar em grupo
- Aprender a apresentar uma proposta publicamente
- Aprender a gerir o tempo

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The discipline provides that students develop competencies in the domain of systems and applications interoperability and in the integration of such systems.***Objetives:****Knowledge:**

- Basic concepts of interoperability and systems integration
- Architectures for Integration of Systems
- Standards for data and processes modeling

- Technologies for systems integration
- Model morphisms, translators, transformation and interface systems
- Meta-models and multilevel systems integration
- Know-how:
 - Design of solutions for systems integration
 - Development of solutions in different operational contexts
 - Facilitators and automatic code generators
 - Open architectures for interoperability
 - Conformance testing for interoperability checking between systems
- Soft-Skills:
 - Analysis and formalization of problems' specifications
 - Learn how to behave in teamwork
 - Learn how to present publically a proposal of work
 - Learn how to manage time

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Caracterização do problema da interoperabilidade entre sistemas.
- Arquiteturas para integração de sistemas,
- Metodologias para desenvolvimento de estratégias para integração e desenvolvimento de sistemas integrados
- Normas para modelação de dados e processos
- Tecnologias para a integração
- Morfismos de modelos, tradutores, transformação e sistema de interface. Meta-modelos e integração multinível de modelos.
- Facilitadores e geradores automáticos de código.
- Arquiteturas abertas para interoperabilidade
- Testes de conformidade e para verificação de interoperabilidade entre sistemas.
- Análise de Casos

4.4.5. Syllabus:

- Characterization of the systems interoperability problems
- Architectures for systems integration
- Methodologies for the development of strategies for integration and development of systems integration
- Standards for data and process modeling
- Technologies for systems integration
- Model-morphisms, translators, transformation and systems' interfaces. Meta-models and multilevel systems integration
- Facilitators and automatic code generators
- Open architectures for interoperability
- Conformance testing and systems interoperability checking
- Analysis of use cases.

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

Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os problemas propostos e desenvolver soluções para os resolver.

Os exercícios propostos nas várias fichas de exercícios cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas envolvidas, e exercitando a sua utilização.

Os trabalhos teóricos e práticos em que os estudantes são avaliados, não só contribuem para essa avaliação, mas expõem os estudantes a um problema de alguma dimensão, exigindo um esforço na sua estruturação, bem como a interação dos vários componentes, seguindo-se de uma apresentação individual pública dos mesmos.

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

In the lab classes, the students develop the ability of analysing the proposed problems and develop solutions to solve them.

The exercises proposed in the lab classes scripts address the various concepts and techniques taught in the course, requiring from the students their understanding as well as training their use.

The evaluation works where the students are assessed, not only contribute to this assessment, but also expose the students to problems with some dimension, requiring some effort to develop their structuring as well as to command the interaction of the various components, having an individual public presentation of them.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Teórica em sala de aula. Práticas em laboratório em grupos de máx. 2 estudantes. Desenvolvimento individual de pesquisa sobre um tema relacionado com as teóricas.

- relatório do trabalho sobre a componente teórica. Individual + relatório/resolução de exercícios de aulas práticas
- relatório de avaliação da componente teórica de um colega
- relatórios de 1º trabalho prático
- relatórios de 2º trabalho prático

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical work in classroom. Practical work in lab, developed in groups of 2 students maximum. Development of individual research about a specific subject addressed in the theoretical classes.

- Report of the work related with the theoretical component + report/resolution of exercises during the practical classes
- Evaluation report about the theoretical work developed by a colleague
- Report about the 1st practical work
- Report about the 2nd practical work

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

A unidade curricular pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de resolverem problemas relacionados com a interoperabilidade entre sistemas, e sua integração. Essa capacidade requer não apenas uma compreensão clara dos conceitos e técnicas envolvidas, mas também um esforço significativo de metodologias, normas e tecnologia. De facto existem duas dimensões nas quais os estudantes podem ser avaliados: a) se são capazes de perceber o que é um problema relacionado com a interoperabilidade entre sistemas e aplicações, e se este satisfaz uma dada especificação que responda aos requisitos; e b) se são capazes de desenvolver uma plataforma que satisfaça uma especificação.

A primeira dimensão pode ser obtida em grande parte pela frequência das aulas teóricas, onde as especificações e os correspondentes métodos, normas e tecnologia são apresentados e explicados. Ao frequentar estas aulas, um estudante aplicado acaba por adquirir uma compreensão da problemática e domínio de soluções a que é exposto, sendo capaz de seguir uma metodologia, bem como alguma abstração, e obter o resultado na integração dos sistemas assegurando interoperabilidade apropriada.

A segunda dimensão no entanto, requer uma familiaridade mais intensa com a tecnologia que é utilizada para resolver problemas típicos, e esse conhecimento só pode ser obtido adequadamente através do seu treino.

Para esse efeito, em vez de simplesmente assistir a aulas práticas em que os problemas são resolvidos para todos (de alguma forma replicando as aulas teóricas) os estudantes são avisados de que deverão tentar resolver os problemas propostos antes das respetivas aulas, e utilizar as aulas para tirar dúvidas com os docentes sobre dificuldades específicas.

Assim sendo, os docentes das aulas práticas são instruídos de que deverão contrariar tanto quanto possível a potencial passividade dos estudantes (à espera das soluções) e que só devem fornecer respostas individualizadas a questões específicas que os estudantes possam colocar.

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

The course aims at developing in the students the ability of developing solutions for problems related with systems interoperability and further integration. Such ability requires not only a clear understanding of the concepts and techniques involved, but also a significant effort in practicing. In fact, there are two dimensions in which students can be assessed: a) whether they are able to understand what is a problem related with interoperability, and if it meets some specification; and b) whether they are able to write one problem directly from the specification.

The first dimension can be largely met by attending the theoretical classes, where the specifications and the corresponding methods, standards and technology are shown and explained. By attending these classes, a dedicated student will eventually develop an understanding of the problematic and solutions space to which it may be exposed, so that (s)he can follow a methodology, as well as some abstraction of it, and eventually obtain the result in the integration of systems assuring proper interoperability.

The second dimension however requires a deeper familiarity with the technology that is used to solve typical problems, and such knowledge can only be adequately obtained by adequate training. Hence, rather than attending lab classes where the problems are solved for all (somehow replicating the theoretical classes) the students are told that they should try to solve the problems proposed before the lab classes, and use these classes to ask for advice on the difficulties they may face.

Therefore the lecturers of the lab classes are instructed to counter as much as possible a possible passivity of the students (attending for the solutions) and only provide individual advice on specific difficulties a student presents.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Agile Manufacturing: 21st Century Manufacturing Strategy. Elsevier Science Publishers, ISBN: 0-08-043567-X, 2001
- Sebentas, slides, handouts, vídeos e material de eLearning, preparados e disponíveis para cada uma das 21 lições que constituem a unidade curricular (disponível na página da unidade curricular através da plataforma MOODLE da FCT/UNL
- <http://moodle.fct.unl.pt>. Organizados também em DVD com menu de navegação interativo)
- Diversos artigos técnicos e científicos a serem recomendados e distribuídos aos estudantes durante as aulas.

Mapa IV - Co-Design e Sistemas Reconfiguráveis

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Co-Design e Sistemas Reconfiguráveis

4.4.1.1. Title of curricular unit:*Co-design and Reconfigurable Systems***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luís Filipe dos Santos Gomes - T:28; PL:14***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Anikó Katalin Horvath da Costa - PL:14***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina pretende dotar os estudantes com conhecimentos básicos na utilização de técnicas de co-design hardware-software considerando dispositivos reconfiguráveis (FPGAs) como plataformas para a implementação. Desta forma a ênfase principal é colocada na partição de modelos e obtenção de sub-modelos e componentes que serão executados assincronamente e de forma distribuída. A linguagem VHDL é utilizada extensivamente para descrever os modelos comportamentais dos sistemas digitais.

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

The course aims to provide students with basic knowledge in the use of hardware-software co-design techniques considering reconfigurable devices (FPGAs) as implementation platforms. Thus the main emphasis is placed on partitioning models obtaining sub-models and components that will be executed asynchronously and in a distributed manner. The VHDL language is used extensively to describe the behavioral models of digital systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 - Motivação para o co-design de hardware/software e para os sistemas reconfiguráveis.*
- 2 - Metodologias de desenvolvimento, representações unificadas, formalismos gráficos (máquinas de estados, estadogramas, redes de Petri) e linguagens de descrição de nível sistema (SystemC), de hardware (VHDL) e de software (C/C++).*
- 3 - Partição de modelos em componentes hardware e software e métricas de avaliação; co-simulação, co-verificação e co-síntese. Ênfase em máquinas de estado, estadogramas e redes de Petri.*
- 4 - Plataformas de computação reconfigurável; dos dispositivos de lógica programável (CPLDs e FPGAs) aos sistemas-num-integrado (SoC).*
- 5- Análise de sistemas GALS – Globalmente Assíncronos Localmente Síncronos*
- 6 - Análise de aplicações de elevado desempenho. Implementações síncronas versus assíncronas.*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - Motivation for hardware / software co-design and for reconfigurable systems benefits.*
- 2 - Development Methodologies, unified representations, graphical formalisms (state machines, statecharts, Petri nets), and system-level description languages (SystemC), hardware-level (VHDL) and software-level (C / C + +).*
- 3 - Model partition into hardware components and software components and evaluation metrics, co-simulation, co-verification and co-synthesis. Emphasis on state machines, Petri nets and statecharts.*
- 4 - reconfigurable computing platforms, programmable logic devices (CPLDs and FPGAs) and System-on-a-Chip (SoC).*

5 - Analysis of GALs - Globally Asynchronous Locally Synchronous systems

6 - Analysis of high-performance applications. Synchronous versus asynchronous implementations.

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

Os objetivos de aprendizagem indicados e a sequência dos conteúdos programáticos previstos estão diretamente associados, permitindo ir adquirindo gradualmente competências intermédias.

Os objetivos de aprendizagem identificados permitem ir verificando a obtenção de competências (ao nível do saber, do saber fazer e de soft-skills) ao longo dos conteúdos programáticos apresentados, sendo possível uma associação direta entre os objetivos de aprendizagem e os referidos grupos de conteúdos programáticos, suportados pelos exercícios propostos para as aulas de laboratório.

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

The learning outcomes and the sequence foreseen in the provided syllabus are directly associated, gradually letting go acquiring intermediate skills.

The identified learning outcomes allow checking obtaining skills (level of knowledge, know-how and soft-skills) over the presented syllabus, as it is possible a direct association between learning outcomes and syllabus groups, supported by a sequence of proposed exercises for the laboratory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de exposição com duas horas semanais onde se fomenta a discussão de temas permitindo dar ênfase diferenciada em aspetos conceptuais, nomeadamente a partição de modelos no âmbito de uma metodologia de desenvolvimento baseada em modelos, bem como em aspetos de implementação e de tecnologia de sistemas digitais. As aulas práticas são aulas de laboratório com a duração de duas horas semanais, onde os alunos realizam mini-projetos "da especificação à implementação", com crescente grau de autonomia, utilizando ferramentas computacionais de nível profissional, bem como outras resultado da investigação no departamento.

Cada grupo de trabalho recebe uma placa com uma FPGA permitindo a experimentação fora do lab..

A avaliação é garantida através de 1 trabalho individual com apresentação (componente teórica) e da realização de dois mini-projetos em grupos de 2 ou 3 estudantes (componente prática).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical subjects are offered in lectures, two hours per week in which discussions are promoted, whenever possible, allowing emphasizing different aspects, from conceptual (namely the partition of models within a model-based development methodology), as well as on implementation aspects and technology of digital systems.

The lab classes lasting two hours per week, where students undertake mini-projects "from specification to implementation", with increasing degree of autonomy, using professional level computational tools.

Each group receives one working experimentation board (with one FPGA) allowing testing outside the laboratory.

The evaluation is guaranteed through 1 individual report & presentation (theoretical component) and conducting two mini-projects in groups of 2 or 3 students (practice component).

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

Complementando a aquisição de conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes ao nível conceptual, é dada uma ênfase especial ao nível da experimentação e da utilização de tecnologias de implementação de circuitos digitais. Para isso todos os grupos de trabalho (constituídos tipicamente por três ou dois estudantes) recebem um kit de experimentação constituído por um dispositivo lógico programável de complexidade média (uma FPGA), sendo possível a sua utilização fora do laboratório de aulas e sua integração nos processos de estudo autónomo dos estudantes. Desta forma, a resolução analítica de problemas propostos é complementada com a experimentação associada, permitindo aumentar os níveis de sucesso na aprendizagem.

Desta forma, os objetivos de aprendizagem indicados são plenamente suportados pela metodologia de ensino proposta contemplando uma componente de aprender através da experimentação.

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

Complementing the acquisition of knowledge, skills and competencies developed by students at the conceptual level, a special emphasis is given to the experimentation level. For that, all groups of students (typically composed by three or two students) receive an experimentation kit equipped with a programmable logic device of medium complexity (an FPGA), which can be used outside of the lab classes, and be completely integrated in the processes of students' autonomous study. In this way, the analytical resolution of problems is complemented with associated experimentation, enabling improving levels of success in the learning process.

Thus, the learning objectives listed are fully supported by the teaching methodology proposed accomodating a component of learning through experimentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

(1) G. De Micheli, R. K. Gupta; "Hardware-Software Co-Design"; Readings in hardware/software co-design; ACADEMIC PRESS; ISBN 1-55860-702-1; 2001

(2) "VHDL for Designers", Stefan Sjöholm, Lennart Lindh; Prentice Hall, 1997, ISBN 0-13-473414-9

(3) "Statecharts: a visual formalism for complex systems", vol. 8, pp. 231-274; David Harel; Science of Computer Programming 1987

(4) "Petri Nets and Industrial Applications: A Tutorial", Richard Zurawski and MengChu Zhou; IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.41, no. 6, December 1994, pp. 567-583

(5) Several Journal and Conference papers (having lecturers as authors).

Mapa IV - Descoberta de Conhecimento**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Descoberta de Conhecimento***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Knowledge Discovery***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Pedro Alexandre da Costa Sousa - TP:14; PL:14***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***João Paulo Branquinho Pimentão - TP:14; PL:14***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:**Saber:*

- *Identificar problemas de Knowledge Discovery*
- *Datamining*
- *ETL*
- *Datawarehouse*

Fazer:

- *Especificação de algoritmos.*
- *Especificação, Desenvolvimento de técnicas de datamining*

Não Técnicas:

- *Capacidade de comunicação oral e escrita*
- *Realização de uma demonstração*
- *Relatório da análise, desenho e implementação de uma solução*
- *Organização de trabalho, gestão do tempo e cumprimento de prazos*
- *Trabalho e colaboração em equipa*
- *Capacidade de investigação e autonomia*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this course unit the student is expected to have acquired knowledge, skills and competences that will allow him / her to:**Knowledge:*

- *Identification of Knowledge Discovery problems*
- *Datamining*
- *ETL*
- *Datawarehouse*

Do:

- Algorithm specification.
- Specification, Development and implementation of datamining

Non-Technical:

- Written and oral communication skills
- Demonstration skills
- Produce reports of analysis, design and implementation of a solution
- Work management, time management and delivery deadlines
- Teamwork and tem participation
- Delivery
- Honesty

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: Sistemas inteligentes; Data «warehouse»; Descoberta de conhecimento

Projectos de gestão de Knowledge discovery: CRISP-DM, SEMMA.

Data Warehouse and OLAP: Data Warehouse e DBMS; Modelos de dados multidimensionais; OLAP

Preprocessamento de Dados: Limpeza dos dados; Transformação de dados; Redução de dados; Conceitos hierárquicos; Qualidade dos dados.

Representação em Data mining knowledge: características relevantes; dados de entrada; modelos; Técnicas de visualização

Learning: Classificação/Regressão; Segmentação; Métodos baseados em instâncias (vizinho mais próximo); Associação; Clustering.

Avaliação de modelos: Conjunto de treino e de teste; Estimativa da qualidade de um modelo (holdout, cross-validation, leave-one-out); Combinação de modelos.

Descoberta conhecimento em dados Reais.

Dealing with Big Data: O que torna dados em Big Data; Scalable Data Analytics Framework; Large-scale Data Analysis Models; Distributed Storage Architecture; Base de dados NoSQL; Data Flow Management.

Privacidade e ética

4.4.5. Syllabus:

Introduction

- Intelligent systems
- Data «warehouse»
- Knowledge discovery

Managing Knowledge discovery projects

- CRISP-DM, SEMMA

Data Warehouse and OLAP

- Data Warehouse and DBMS
- Multidimensional data model
- OLAP

Data preprocessing

- Data cleaning
- Data transformation
- Data reduction
- Concept hierarchies
- Data Quality

Data mining knowledge representation

- Interestingness measures
- Input data
- Models
- Visualization techniques

Learning

- Classification/regression
- Segmentation
- Instance-based methods (nearest neighbor)
- Association
- Clustering

Evaluating what's been learned

- Training and testing
- Estimating classifier accuracy (holdout, cross-validation, leave-one-out)
- Combining multiple models

Mining real data

Dealing with Big Data

- *What is makes Data, Big Data*
- *Scalable Data Analytics Framework*
- *Large-scale Data Analysis Models*
- *Distributed Storage Architecture*
- *NoSQL Databases*
- *Data Flow Management*

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

A sequência de aulas Teórico Práticas – Práticas que ocorrem todas as semanas foi preparada por forma a apresentar os conceitos nas aulas teóricas práticas, sendo a operacionalização e compreensão em detalhe dos assuntos, discutidos e verificados nas aulas práticas.

Nas práticas, realizadas em grupos de até três alunos, são realizados exercícios todas as semanas.

Os exercícios propostos são de complexidade incremental e complementar.

Existem momentos de avaliação com trabalhos práticos que verificam a apreensão dos conceitos por parte dos discentes.

Os trabalhos são entregues em prazos fixados e apresentados juntamente com um relatório de análise, desenho e implementação e discutidos com os docentes.

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

The sequence of classes that take place every week were prepared in order to present the concepts in the practical theoretical classes, being the operationalization and understanding in detail of the subjects, discussed and verified in the practical classes.

In practice, performed in groups of up to three students, exercises are performed every week.

The proposed exercises are of incremental and complementary complexity.

There are moments of evaluation with practical work that verify the understanding of the concepts by the students.

Reports are delivered on time and presented, including an analysis, design and implementation and discussions with the documents.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina encontra-se dividida em aulas teórico-práticas e práticas.

Nas teórico-práticas a matéria é apresentada recorrendo a exemplos demonstrativos das matérias lecionadas.

Nas aulas práticas a execução dos problemas (implementação) é efetuada em grupos de até três alunos.

Todos os trabalhos que os alunos desenvolvem na prática fazem parte de trabalhos de maior dimensão (integração) que os alunos têm de entregar a funcionar em prazos definidos, juntamente com um relatório de análise, desenho e implementação.

Componente teórica (peso de 66%) - NT:

Pode ser realizada através de 2 testes ou exame;

É necessário ter nota (de exame ou média dos testes) não inferior a 9.5 valores.

Componente prática (peso de 34%) - NP:

1 Trabalho.

Entrega através do Moodle. Avaliação com base nas funcionalidades implementadas.

É necessário ter nota média não inferior a 9.5 valores.

Cálculo da Nota Final - NF:

$NF = 66\% \cdot NT + 34\% \cdot NP$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In theoretical-practical the subject is presented using demonstrative examples of the subjects taught.

In practical classes the implementation of problems (implementation) is done in groups of up to three students.

All of the work that students do in practice is part of the larger (integration) work that students have to deliver to work on time, along with an analysis, design, and implementation report.

Theoretical component (66% weight in the grade) - NT:

Can be accomplished by two test or exam;

Note You must have not less than 9.5 (average of tests or exam).

Practical component (34% weight in the grade) - NP:

One project:

Submitted in Moodle. Evaluation based on functionalities.

Evaluation based on a report and discussion of the work;

You must have a grade of not less than 9.5.

Calculation of Final Grade - NF:

$NF = 66\% \cdot NT + 34\% \cdot NP$

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

A disciplina encontra-se dividida em aulas teórico-práticas e práticas.

Nas teórico-práticas a matéria é apresentada recorrendo a exemplos demonstrativos das matérias lecionadas.

As práticas apresentam questões relacionadas com os aspetos lecionados nas teóricas correspondentes e introduzem problemas que os alunos têm de resolver. A implementação é efetuada em grupos de até dois alunos.

Todos os trabalhos que os alunos desenvolvem na prática fazem parte de um trabalho de maior dimensão (integração) que os alunos têm de entregar a funcionar em prazos definidos.

O trabalho é acompanhado de um relatório da análise, desenho e implementação.

Os trabalhos e os relatórios são discutidos com os docentes como forma final de avaliação da componente prática.

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

The course is divided into theoretical-practical and practical classes.

In theoretical-practical the subject is presented using demonstrative examples of the subjects taught.

The practices present questions related to the aspects taught in the corresponding theoreticians and introduce problems that the students have to solve. Implementation is carried out in groups of up to two students.

All the work that students do in practice is part of a larger work (integration) that students have to deliver on time fully operational.

The work is accompanied by a report of the analysis, design and implementation.

The works and reports are discussed with the teachers as a final form of evaluation of the practical component.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Recomendados/Suggested:

- *Data Mining de Eibe Frank, Christopher Pal, Mark Hall e Ian H. Witten, ISBN: 9780128042915, Edição ou reimpressão: 11-2016 Editor: ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY*
- *Advances In Knowledge Discovery And Data Mining de Padhraic Smyth, Ramasamy Uthurusamy, Gregory Piatetsky-Shapiro e Usama M. Fayyad ISBN: 9780262560979 Edição ou reimpressão: 03-1996 Editor: MIT PRESS LTD*
- *Handbook of Data Mining and Knowledge Discovery 1st Edition, by Jan Zyt (Author), Willi Kloss (Editor), the late Jan M. Zytkow (Editor), ISBN-13: 978-0195118315*
- *Statistical Data Analytics: Foundations for Data Mining, Informatics, and Knowledge Discovery 1st Edition, by Walter W. Piegorsch (Author), ISBN-13: 978-1118619650*
- *Big Data Analytics: Systems, Algorithms, Applications 1st ed. 2019 Edition, by C.S.R. Prabhu (Author), Aneesh Sreevallabh Chivukula (Author), Aditya Mogadala (Author), Rohit Ghosh (Author), L.M. Jenila Livingston (Author), ISBN-13: 978-9811500930*

Mapa IV - Tópicos Avançados de Processamento Digital de Imagem

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos Avançados de Processamento Digital de Imagem

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Topics in Digital Image Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***André Damas Mora (Regente) – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitem:*

- Compreender como funcionam algoritmos avançados de compressão e processamento digital de imagem, assim como desenvolver funções em OpenCL para serem executadas numa GPU.
- Ser capaz de resolver problemas requerendo análise inteligente de imagem, desenvolver programas que apliquem métodos avançados de processamento de imagem em sequências de vídeo e implementar algoritmos em OpenCL para execução eficiente em GPU.
- Conhecer métodos avançados de análise e extração de dados de imagem, arquitetura de programação OpenCL e como desenvolver código OpenCL otimizado.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competences that allow him / her to:*

- Understand how advanced digital image processing and compression algorithms work, as well as develop OpenCL functions to run on a GPU.
- Be able to solve problems requiring intelligent image analysis, develop programs that apply advanced image processing methods on video sequences, and implement OpenCL algorithms for efficient GPU execution.
- Know advanced methods of image data analysis and extraction, OpenCL programming architecture and how to develop optimized OpenCL code.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Técnicas de compressão de imagem (codificação de Huffman e compressão JPEG)*

- Transformada discreta de cosenos

Enriquecimento de imagem no domínio da frequência

- Transformada de Fourier 2D

Restauro ou refocagem de imagem

- Filtragem de Wiener

Segmentação de Imagem

- Transformada de Watershed
- Gradient Path Labelling

*Transformada de Hough e Radon**Reconhecimento de padrões*

- Template Matching
- Algoritmo de Viola-Jones
- Histograma de Gradientes Orientados (HOG)

*Marcas de água em imagem (watermarking)**Imagem de Alta Velocidade**Imagem Térmica**Processamento de Imagem em GPU – OpenCL*

- Arquitetura OpenCL
- Otimização

4.4.5. Syllabus:

Image compression techniques (Huffman coding and JPEG compression)
- Discrete cosine transform

Frequency domain image enhancement
- 2D Fourier Transform

Image restoration or refocusing
- Wiener Filtering

Image Segmentation
- Watershed Transform
- Gradient Path Labeling

Hough and Radon Transforms

Pattern Recognition
- Template Matching
- Viola-Jones Algorithm
- Histogram of Oriented Gradients (HOG)

Watermarking

High Speed Image

Thermal Imaging

GPU Image Processing - OpenCL
- OpenCL Architecture
- Optimization

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

Nas primeiras 8 semanas de aulas são lecionados diversos métodos de análise avançada de imagem, dotando os alunos de conhecimentos de métodos avançados de processamento de imagem. Nas 3 semanas seguintes é apresentada a arquitetura OpenCL. Na última semana, os alunos apresentam oralmente o seu trabalho teórico de pesquisa sobre temas relacionados com processamento de imagem.

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

In the first 8 weeks of classes, several advanced image analysis methods are taught, providing students with knowledge of advanced image processing methods. In the next 3 weeks the OpenCL architecture is presented. Last week, students orally present their theoretical research paper on topics related to image processing.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas são apresentados os temas teóricos, estando a aula normalmente dividida entre um tema principal e um tema secundário. Nas aulas práticas são explorados os conceitos apresentados no tema principal através do desenvolvimento de programas ilustrativos da matéria em causa.

As aulas práticas serão baseadas em guias previamente fornecidos aos alunos que os orientarão na elaboração dos exercícios práticos.

Os alunos serão avaliados na componente teórica através de um trabalho de pesquisa escrito, que será apresentado oralmente durante as aulas e de um conjunto de testes no Moodle. Na componente prática irão desenvolver um projeto final que será discutido com os docentes da disciplina.

*Nota Final = 55% * (60% * N_artigo + 20% * N_Apresentação + 20% * T_Moodle) + 45% * N_Pratica*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes present the theoretical topics, and the class is normally divided between primary and secondary topics. In practical classes are explored the concepts presented in the primary topic through the development of programs.

The practical classes will be based on guides previously provided to the students that will guide them in the

elaboration of the practical exercises.

Students will be assessed in the theoretical component through a written research paper, which will be presented orally during class and a set of tests in Moodle. In the practical component students will develop a final project that will be discussed with the teachers of the discipline.

*Final Grade = 55% * (60% * G_paper + 20% * G_Presentation + 20% * T_Moodle) + 45% * G_Practical*

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

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos teóricos e nas aulas práticas são exercitados esses mesmos conteúdos através de programação e teste dos vários métodos de processamento de imagem.

A avaliação teórica inclui um trabalho de pesquisa sobre um tema relacionado com processamento de imagem, preparação de uma síntese escrita dessa mesma pesquisa e apresentação oral para a turma. Esta componente de avaliação pretende que os estudantes aprofundem um tema e o partilhem com a turma.

Os testes Moodle é uma componente de consolidação da matéria lecionada na teórica.

A avaliação prática permite que os alunos sejam postos perante um problema e apresentem uma solução de resolução.

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

In theoretical classes the theoretical topics are exposed and in practical classes these same contents are exercised through programming and testing of the various image processing methods.

The theoretical assessment includes a research on a image processing related topic, preparation of a written synthesis of the same research and oral presentation to the class. This assessment component aims for students to do research in a topic and share it with the class.

Moodle tests are a way of consolidating the topics taught in theoretical classes.

Practical assessment allows students to be confronted with a problem and come up with a resolution solution.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Gonzalez, R., & Woods, R. (2007). Digital Image Processing - third edition. Prentice-Wall.

Munshi, A., Gaster, B., Mattson, T. G., & Ginsburg, D. (2011). OpenCL Programming Guide (p. 648). Pearson Education. Retrieved from http://books.google.com/books?id=M-Sve_KItQwC&pgis=1

Scarpino, M. (2011). OpenCL in Action: How to Accelerate Graphics and Computation (p. 434). Manning Publications Company.

Mapa IV - Redes Neurais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Redes Neurais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Neural Networks

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; TP:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Barahona da Fonseca – T:28; TP:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Aprender os conceitos e técnicas básicas da Neurociência Computacional e das ANNs e aprender a resolver problemas de engenharia com eles.**Learn the fundamental concepts and techniques of 'Computational Neuroscience' and of ANNs and learn to solve engineering problems with ANNs. ...***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Aprender os princípios básicos da Neurociência Computacional e como é que se podem resolver problemas com Redes Neurais Artificiais.**Learn the basic principles of Computational Neuroscience and how problems can be solved with Artificial Neural Networks.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. O Neurónio Natural-**1.1 Modelo de Hodgkin & Huxley;**1.2 Modelo de Wilson,**2. Introdução às ANNs,**3. O Perceptrão de Rosenblatt,**4. A Perceptron Learning Rule de Rosenblatt,**5. Limitações dos Perceptrões duma só Camada**6. Redes Sigmoidais Multicamada,**7. O Algoritmo de Backpropagation,**8. Variantes do Algoritmo de Backpropagation,**9. Introdução às Redes Recorrentes. Aprendizagem em Redes Recorrentes,**10. Rede Recorrente de Hopfield. A Rede de Hopfield como Memória Associativa. Análise de Estabilidade.**11. Exemplos Ilustrativos de Aplicação das Redes Recorrentes.***4.4.5. Syllabus:***1. The Natural Neuron,**1.1 The Hodgkin & Huxley's Model;**1.2 The Wilson's Model,**2. Introduction to ANNs,**3. The Rosenblatt's Perceptron,**4. The Rosenblatt's Perceptron Learning Rule,**5. Limitations of One Layer Perceptrons,**6. Sigmoidal Networks,**7. The Backpropagation Algorithm,**8. Variants of Backpropagation Algorithm,**9. Introduction to Recurrent Networks. Learning in Recurrent Networks,**10. Hopfield Recurrent Network. The Hopfield Network as Associative Memory. Stability Analysis,**11. Illustrative Examples of Applications of Recurrent Neural Networks.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os objetivos de aprendizagem indicados e a sequência dos conteúdos programáticos previstos estão diretamente associados, permitindo ir adquirindo gradualmente competências intermédias que suportarão o atingir do último objetivo referido, de elevada relevância para um engenheiro eletrotécnico, uma vez que permite deixar clara a visão do que é a Neurociência Computacional e o que se pode fazer com as Redes Neurais Artificiais.**Os conteúdos programáticos previstos encontram-se estruturados em dois grandes grupos, nomeadamente Neurociência Computacional e Redes Neurais Artificiais.*

Os objetivos de aprendizagem identificados permitem ir verificando a obtenção de competências ao longo dos conteúdos apresentados.

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

The learning objectives are directly associated to acquire intermediate skills that will support the achievement of a high relevance to an electrical engineer, since it allows to make clear the vision of what is Computational Neuroscience and what problems can be solved with Artificial Neural Networks.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teorico-praticas com slides projectados e computações baseadas nas ferramentas de apoio computacionais implementadas em Matlab. Avaliação baseada em 5 Relatórios Técnicos individuais.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes with projected slides and computations based on the computational support tools implemented in Matlab. Students' assessment based on five Individual Technical Reports.

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

A metodologia de ensino mostrou-se eficaz para transmitir os conceitos e algoritmos através da ferramenta Matlab e da Toolbox de Redes Neurais.

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

The teaching methodology proved to be effective to transmit the concepts and algorithms through the Matlab tool and the Neural Networks Toolbox

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. M. T. Hagan, H. B. Demuth and M. Beale,
Neural Network Design,
1996, PWS PUBLISHING COMPANY, Boston, MA.
Embora um livro antigo, os seus autores foram também os autores da primeira versão da Toolbox de Redes Neurais e os inúmeros exemplos baseiam-se em comandos dessa Toolbox.
Although an old book, its authors were also the authors of the first version of the Neural Networks Toolbox and the numerous examples are based on commands from that Toolbox.

2. T. P. Trappenber,
Fundamentals of Computational Neuroscience,
2002, Oxford University Press, NewYork.
Embora este livro seja antigo, tem muito código matlab que implementa modelos da Neurociência Computacional e, em especial, ilustra a utilização das primitivas do Matlab de solução numérica de sistemas de equações diferenciais, ODE113 e ODE15S, que têm alguma complexidade.

Mapa IV - Redes Integradas de Telecomunicações

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Redes Integradas de Telecomunicações

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Integrated Telecommunication Networks

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Luís Filipe Lourenço Bernardo (Regente) – TP:28; PL:84***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina pretende dotar o aluno com a capacidade de compreender como funciona uma rede a nível de conectividade, qualidade de serviço (QoS), interoperabilidade e correção de erro, incluindo aspetos teóricos e práticos nos níveis rede e transporte, como dimensionamento, interfaces de programação e configuração.

Saber:

- algoritmos de encaminhamento para diferentes redes.*
- arquiteturas para realizar o controlo de QoS.*
- estrutura da rede e dos protocolos mais representativos usados na Internet, redes MPLS e SDN.*

Fazer:

- Desenvolver aplicações em rede utilizando a interface socket em Java e C*
- Utilizar o Linux para realizar um encaminhador e firewall*
- Configuração básica de encaminhadores com Cisco IOS*

Competências Não-técnicas:

- Capacidade e postura para pensamento crítico*
- Capacidade para efetuar escolhas fundamentadas*
- Capacidade de trabalhar e colaborar em equipa*
- Atitude de exigência e qualidade*

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

The course aims to provide the students with the understanding of how connectivity, quality of service (QoS), interoperability and error correction is achieved in a network. It includes theoretical and practical aspects on the network and transport layers, at the level of system specification, configuration and programming interfaces.

Knowledge:

- routing algorithms adapted to different networks*
- approaches to implement QoS control*
- network structure and representative protocols used in the Internet, MPLS and SDN networks*

To Do:

- Development of network applications using C and Java socket interface*
- Use Linux to implement a router or a firewall*
- Basic configuration of routers using Cisco IOS*

Non-technical capabilities:

- Capability and posture for critical thinking*
- Capacity to do substantiated choices*
- Capacity for teamwork and for co-operation in a team*
- Posture of demand and quality*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Nível Rede:*

1. Aspetos do desenho do nível rede
2. Algoritmos de encaminhamento
3. Algoritmos de controlo de congestão
4. Técnicas para obter boa qualidade de serviço
5. Internetworking
6. O nível IP na Internet
7. Comutação de etiquetas: MPLS
8. Software Defined Networking (SDN) e Network Function Virtualization (NFV)

Nível Transporte:

1. Elementos do nível transporte
2. Protocolos TCP e UDP
3. Família de protocolos RTP
4. Protocolos SCTP e QUIC
5. Extensões aos protocolos Internet

4.4.5. Syllabus:*Network Layer:*

1. Network Layer Design Issues
2. Routing algorithms
3. Congestion Control Algorithms
4. Techniques for Achieving Good Quality of Service
5. Internetworking
6. The IP level in the Internet
7. Label Switching: MPLS
8. Software Defined Networking (SDN) and Network Function Virtualization (NFV)

Transport Layer:

1. Elements of Transport Protocols
2. TCP and UDP protocols
3. RTP protocol family
4. SCTP and QUIC protocols
5. Extensions to Internet Protocols

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

Nas aulas teóricas os estudantes adquirem o conjunto de conhecimentos proposto, que contém um conjunto representativo dos protocolos relevantes dentro dos protocolos usados dos níveis rede e transporte, com ênfase na Internet.

Os exercícios propostos em fichas de exercícios e na avaliação teórica cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e protocolos, exercitando o seu uso em diferentes cenários.

Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os problemas propostos e a aplicação dos conceitos aprendidos para resolver problemas concretos, que envolvem a utilização das interfaces de programação e o dimensionamento e configuração de sistemas. Para cada trabalho é fornecido um embrião do sistema proposto e um conjunto de módulos, que é completado em grupo pelos estudantes, levando a uma aprendizagem do desenvolvimento de sistemas com alguma complexidade.

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

In lectures students acquire the theoretical knowledge proposed, which includes a set of relevant protocols in the network and the transport layers, with an emphasis in the ones used for the current Internet.

The exercises proposed in the theoretical classes and tests cover the subjects given, requiring the students to understand the concepts and protocols involved, exercising its use in different scenarios.

In the lab classes, students develop the ability to analyse the proposed problems and apply the concepts learned to solve practical problems, involving the use of programming interfaces, specification and configuration of systems. A set of building blocks and an embryo of the proposed system are provided for each lab work by the lecturers, which is completed by the group of students enabling them to learn to develop systems with some complexity.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas têm um cariz mais expositivo, mas incluem exercícios e demonstrações da utilização dos sistemas aprendidos (e.g. configuração de encaminhadores Linux e Cisco).

Nas aulas práticas os alunos aprendem dois ambientes de desenvolvimento e realizam dois projetos onde trabalham profundamente sobre protocolos de encaminhamento e desenvolvimento de aplicações dual-stack em rede na linguagem C.

Existe avaliação teórica e avaliação prática, com um peso de 60% e 40% respectivamente.

É necessário obter a classificação de 9,5 valores em cada componente.

A componente teórica da disciplina pode ser realizada através de ^[1]_{SEP} testes (2 testes ao longo do semestre)^[1]_{SEP} ou um exame final.

A componente prática é composta por dois trabalhos práticos realizados em grupos de dois ou três elementos, com uma discussão final com avaliação individual de cada membro do grupo.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The lecturing classes consist mainly on theory exposition, but they also include exercises and demonstrations of the use of learned systems (e.g. configuration of Linux and Cisco routers).

In the two laboratory weekly hours the students learn about two development environments and implement two projects where the work goes in a reasonable depth on two subjects: routing algorithms and the implementation of network applications using C language for Linux.

The assessment has a theoretical and a practical part, weighting respectively 60% and 40%.

It is necessary to obtain more than 9.5 points in each part.

The theoretical part can be obtained either by 2 assessment mid-term tests or one final exam.

The practical component consists on two laboratory projects. The assessment of the laboratory projects is accomplished in group discussions with individual grades, covering the theoretical and practical aspects of the project.

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

A disciplina pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de analisar o comportamento de protocolos de encaminhamento e transporte, e especificar e configurar a sua utilização perante diferentes cenários. Esta capacidade não envolve apenas um conhecimento profundo dos conceitos e técnicas, mas também uma experiência prática na utilização da interface de programação e na configuração de sistemas. De facto existem duas dimensões nas quais os estudantes são avaliados: a) se são capazes de compreender os vários protocolos e sistemas estudados; e b) se são capazes de desenvolver programas e configurar sistemas de maneira a satisfazer uma especificação.

A primeira dimensão pode ser obtida em grande parte pela frequência das aulas teóricas, onde os assuntos são apresentados e explicados. Ao frequentar estas aulas, um estudante aplicado acaba por adquirir um conhecimento alargado dos sistemas e protocolos, complementado com exemplos da sua aplicação, e do papel individual que cada elemento desempenha no sistema em que está integrado. Nas aulas e a nível da avaliação teórica, é comum a introdução de perguntas que obrigam a uma visão transversal que usa aspetos teóricos aprendidos de forma dispersa. Para além disso, são fornecidos artigos científicos e algumas ligações Web na página da disciplina, que visam estimular a pesquisa para os alunos mais dedicados.

A segunda dimensão requer uma familiaridade mais intensa com a linguagem de programação e de configuração dos equipamentos, e com os padrões que são usados para resolver problemas típicos, e esse conhecimento só pode ser obtido adequadamente através do seu treino. As aulas práticas obrigam à aplicação do conteúdo da documentação tutorial fornecida em cada uma, funcionando o apoio do docente como um último recurso, apenas para a resolução de dúvidas. A discussão oral final dos grupos com nota individual permite aferir o nível de conhecimento de cada aluno. Durante o acompanhamento dos trabalhos nas aulas de laboratório é também comum orientar os alunos para mecanismos de diagnóstico complementares (e.g. Wireshark) ou para outras ferramentas do Linux, levando à autoaprendizagem.

A realização de julgamento/tomada de decisões é uma das competências mais relevantes que se pretende fornecer com a disciplina. Perante o conjunto de técnicas e protocolos estudados, os alunos são convidados a nível da avaliação teórica e nos trabalhos de laboratório a escolher as abordagens que melhor desempenho têm para resolver um conjunto de cenários, que muitas vezes envolvem a definição de vários níveis da pilha de protocolos.

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

The course aims at developing on the students the ability to analyse the behaviour of network and transport protocols, and specify and configure their use in different scenarios. Such ability requires not only a deep understanding of the concepts and techniques but also a practical experience in using the programming interface and configuration of systems. In fact there are two dimensions in which students are assessed: a) whether they are able to understand the various protocols and systems studied and b) whether they are able to develop programs and configure systems that meet a specification.

The first dimension is largely met by attending the theoretical classes, where the subjects are presented and explained. By attending these classes, a dedicated student will eventually develop an understanding of the systems and protocols, complemented with examples of its application, and the role that each individual protocol plays in the system. In the classes and in the theoretical assessment, some questions require a cross-sectional view that uses theoretical aspects learned in a dispersed way. In addition, papers and some web links are provided, which aim to stimulate research interest in the students.

The second dimension requires a deeper familiarity with programming languages and equipment's configuration languages that are used to solve typical problems, and such knowledge can only be adequately obtained by adequate training. Practical classes require using the contents of the tutorial documentation provided for each class. Students rely on this information and the Internet to solve their problems and the teacher support is only used as a last resort when everything else failed. The final oral discussion is a group discussion with individual grades and is used to assess the level of knowledge of each student. Part of the guiding process in practical classes, is the awareness on students of the complementary diagnostic mechanisms (e.g. Wireshark) or other Linux tools, leading to self-learning. The judgment / decision making is one of the most important skills that the course wants to provide to the students. Given the set of techniques and protocols studied, students are invited to choose the best performing approaches that solve a set of scenarios, which often involve the definition of protocols for multiple layers and taking into consideration their interaction.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. A. Tanenbaum & D. Wetheral, "Computer Networks", 5ª ed, Prentice-Hall, 2010. ISBN: 0-13-212695-8 / 0-13-255317-1
2. Vários artigos tutoriais disponibilizados na página da disciplina

1. A. Tanenbaum & D. Wetheral, "Computer Networks", 5th ed, Prentice-Hall, 2010. ISBN: 0-13-212695-8 / 0-13-255317-1
2. Several tutorial papers available on the class web page

Mapa IV - Comunicações sem Fios

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Comunicações sem Fios

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Wireless Communications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Paulo Miguel de Araújo Borges Montezuma de Carvalho (Regente) – TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

Pretende-se que os alunos adquiram conhecimentos sobre os seguintes aspetos: planeamento celular e de frequências, os aspetos de propagação que podem limitar o desempenho de sistemas sem fio, técnicas de transmissão adotadas e a estrutura e implementação das camadas físicas e lógicas em sistemas como GSM, UMTS e LAN sem fio. Também se incluem as técnicas de planeamento de frequência adotadas para maximizar a capacidade do sistema, bem como a compreensão das características que justificam a escolha de uma modulação para um sistema de comunicação móvel específico. Pretende-se que os alunos se familiarizem com os principais aspetos relacionados com a transmissão através de canais com fading. Para tal os alunos devem compreender os efeitos no desempenho dos sistemas, de multipath, ruído, e as técnicas adotadas para compensá-los (códigos correctores e diversidade). O laboratório proporciona um contato direto com o software de simulação que executar os assuntos estudados na parte teórica.

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

Provide the students with knowledge on the following aspects: cellular and frequency planning, propagation aspects that can limit the performance of mobile wireless systems, transmission techniques adopted in wireless communications and structure and implementation issues of physical and logical layers in systems such as GSM, UMTS and wireless lans. This also includes the characterization of the frequency planning techniques adopted to maximize system capacity and understanding the characteristics that justify the choice of one modulation for a specific mobile communication

system.

It is intended that the students become familiarized with the key aspects related with the transmission over channels with fading. Therefore, students must understand multipath and other error sources, and what are the techniques adopted to compensate them (error correcting codes and diversity).

The laboratory provides a direct contact with simulation software that implements these subjects.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. introdução

1.1. Evolução das comunicações móveis

1.2. Arquitetura típica

1.3. Privadas sistemas móveis de rádio

2. Conceitos básicos do planeamento celular

3. Aspetos de propagação

4. Transmissão em comunicações móveis

5. Sistemas / aplicações

5.1 Sistema GSM (Global System for Mobile Communications)

5.2. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

5.3. LTE

Introdução ao LTE

Camada Física

Benefícios e recursos

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction

1.1. Evolution of the mobile communications

1.2. Typical architecture

1.3. Private mobile radio systems

2. Basic concepts in the cellular planning

3. Propagation aspects

4. Transmission in mobile communications

5. Systems/applications

5.1 System GSM (Global System for Mobile Communications)

5.2. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

5.3. LTE

Introduction to LTE

Physical Layer

Benefits and Capabilities

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

A compreensão das diferentes técnicas de transmissão adotadas em sistemas de comunicação móveis requer o conhecimento dos problemas inerentes às comunicações em canais com efeito multi-percurso, e sistemas com restrições de banda e de potência. Dado que parte dos temas não foram abordados por outras unidades curriculares, começa-se por familiarizar os alunos com os diferentes aspetos limitativos e vantagens de cada técnica de transmissão e estruturas de transmissão/receção antes de estudarem as diferentes implementações em sistemas reais. Deste modo, o programa da unidade curricular é consistente com os respetivos objetivos e a forma como está estruturado permite que os alunos os atinjam.

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

The understanding of different transmission techniques adopted in mobile communication systems requires the knowledge of the problems inherent to channels with multipath effect, and systems with bandwidth and power constraints. Since some of the topics were not covered by previous courses, this course begins by familiarizing the students with the different constraints and advantages of each technique as well as with the transmission/receiver structures before studying the different implementations in real systems. Therefore, the syllabus of the course is consistent with its objectives. Moreover, it is structured in a way that allows the students to achieve the objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular tem uma componente teórico de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos técnicas básicas são explicados nas aulas teórico-práticas, acompanhados pela resolução de vários problemas ilustrativos e relação dos assuntos tratados com sistemas de comunicação existentes. As diferentes técnicas estudadas são implementadas nas aulas práticas.

A componente teórica tem um peso de 75% na classificação final envolve 2 testes ou, em alternativa, 1 exame. A componente prática tem um peso de 25% na classificação final e envolve 2 trabalhos realizados ao longo do semestre.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course has a theoretical component of 2 hours/week and a practical component of 2 hours/week. The basic concepts and techniques are explained in the theoretical classes, complemented with the resolution of several problems and the explanation of the relation between these subjects and practical communication systems and standards. These techniques are implemented/simulated in the laboratory classes.

The theoretical component has a weight of 75% in the final score and involves 3 tests or, alternatively, 1 exam. The practical component has a weight of 25% in the final score and consists of 2 works that are performed in the laboratories classes done throughout the semester.

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

Para alcançar os objetivos da unidade curricular os alunos não só têm que compreender diferentes conceitos teóricos como têm que ser capazes de os aplicar em problemas concretos.

Nas aulas teórico-práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar e de comparar as diferentes técnicas estudadas. Os exercícios propostos cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas de análise envolvidas.

Os alunos realizam 2 trabalhos práticos envolvendo a simulação/implementação de diferentes técnicas estudadas na unidade curricular (técnicas de modulação, correção de erros, espalhamento espectral, etc.). Além de contribuírem para a avaliação dos estudantes, ajudam a aproximar os aspetos teóricos estudados na unidade curricular da sua implementação prática.

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

To achieve the objectives of the course the students have not only to understand the different theoretical concepts, but also to be able to relate them with practical problems.

In the theoretical classes the students develop the ability to analyze and compare the different techniques used in wireless systems. The proposed exercises cover the different theoretical aspects and the students must understand and take advantage of the concepts and analytical techniques studied in the curricular unit and, by solving these problems, they exercise its use.

The students perform 2 practical works involving simulation/implementation of different techniques studied in the course. These works not only contribute to the student's assessment but also help close the gap between the theoretical aspects studied in the course and their practical implementation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Wireless Communications, Principles & Practice", Theodore S. Rappaport, Prentice Hall Communications Engineering and emerging Technologies Series, 1999.

"UMTS Networks Architecture, Mobility and services", Heikki kaaranen, Ari Ahtiainen and Laurie Laitinen, John Wiley and Sons.

"802.11 Wireless networks the definitive Guide", Matthew s. Gast, O'Reilly, 2002

"GSM Switching, Services and Protocols", Jörg Eberspächer, Hans- Jörg Vögel e Christian Bettstetter, John Wiley & Sons, 2001.

Lectures notes, Paulo Montezuma, 2011

Mapa IV - Redes Móveis

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Redes Móveis

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mobile Networks

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Rodolfo Oliveira - TP:28; PL:56

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

<sem resposta>

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

Os objetivos desta unidade centram-se no conhecimento da constituição de uma rede celular e das funções desempenhadas pelos diferentes blocos funcionais. É ainda estudado o funcionamento de alguns protocolos de redes locais. Os estudantes adquirem competências na simulação de sistemas celulares, estudando o desempenho destes sistemas para diferentes cenários de propagação. A unidade inclui ainda o desenvolvimento de aplicações para redes celulares de última geração.

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

The objectives of this course are focused on understanding the structure of a cellular network and the roles assigned to the different functional blocks. It is also studied the operational principles of a few local area networks protocols. Students acquire skills in simulation of cellular systems, studying the performance of these systems for different scenarios of propagation. The course also includes the development of applications for next-generation cellular systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução às redes sem fios;
- Sistemas celulares 2G: GSM;
- Sistemas celulares 2G/2.5G: GSM/GPRS
- Sistemas celulares 3G: UMTS
- Norma IEEE 80211
- Sistemas celulares 4G: LTE
- Sistemas celulares 5G: Arquitetura de Referência
- IMS: arquitetura/serviços
- IMS: Registo: procedimentos detalhados;
- IMS: Exemplo de uma sessão de telefonia multimédia.

4.4.5. Syllabus:

- Introduction to wireless networks;
- Cellular Systems 2G: GSM;
- Cellular Systems 2G/2.5G: GSM/GPRS
- Cellular Systems 3G: UMTS
- IEEE 80211 standard
- Cellular Systems 4G: LTE
- Cellular Systems 5G: Reference Architecture
- IMS: architecture/services
- IMS: Registration;
- IMS: Example of a multimedia session.

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

Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar os problemas propostos e simular diversas redes móveis aferindo o desempenho dos protocolos para diferentes parametrizações.

Os exercícios propostos nas fichas de exercícios cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas de programação envolvidas, e exercitando a sua utilização.

Os dois trabalhos práticos em que os estudantes são avaliados contribuem para essa a avaliação dos conceitos teóricos, e expõem os estudantes a um problema de dimensão moderada, exigindo um esforço na sua estruturação e implementação.

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

Students use the laboratory classes to develop the ability to analyze a set of proposed problems and simulate different mobile networks to gauge the performance of different protocols and different parameterizations and mobility scenarios.

The proposed exercises in the quizzes cover the materials taught, requiring and understanding of the concepts and programming techniques involved, and exercising its use.

The two practical assignments in which students are assessed contribute to the verification that the theoretical concepts were acquired, and expose the students to a problem of moderate size, requiring an effort in terms of problem's structuring and implementation.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas são aulas de exposição de conceitos teóricos, sendo reservadas 3 aulas para resolução de problemas exemplificativos da matéria teórica.

Nas aulas práticas os estudantes realizam dois trabalhos práticos, em grupo de dois estudantes, onde aplicam os conceitos lecionados nas aulas teórico-práticas.

A avaliação dos estudantes realiza-se através de dois testes escritos (70%) e da avaliação do relatório escrito do primeiro trabalho prático (15%), e de uma discussão oral para avaliação do segundo trabalho prático (15%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical lectures introduce the theoretical concepts described in the unit syllabus, and 3 classes are dedicated to introduce and explore different solutions for a set of didactical practical problems.

The laboratory classes are dedicated to practical works and two of them are assessed for the final mark of the course. The work is done in groups of two students. In these works the students have the opportunity of applying the concepts taught in theoretical classes.

The students' assessment is performed through:

- two written tests (70%);
- the report written in the first practical work (15%);
- an oral discussion to evaluate the second practical work (15%).

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

A unidade pretende introduzir diversos conceitos associados às redes móveis celulares. Para atingir os objetivos de aprendizagem, as aulas teórico-práticas são complementadas com dois trabalhos práticos (realizados nas aulas práticas). Nestes trabalhos os estudantes necessitam obrigatoriamente de compreender os conceitos teóricos associados às diferentes temáticas incluídas no programa da unidade.

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

This unit aims to introduce various concepts related to cellular networks. To achieve the learning outcomes the theoretical classes are complemented with two practical works (done in laboratory classes). In these works the students need to understand the theoretical concepts associated with the different items included in the course's syllabus.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *The Complete Wireless Communications Professional: A Guide for Engineers and Managers*, W. Webb, ArtechHouse, 1999
- *Redes Celulares*, Sérgio Pinto, FCA Editores, 2009
- *UMTS Signaling*, R. Kreher, T. Rudebusch, Wiley, 2007
- *Wireless LANs 2nd Ed.*, Jim Geier, SAMS Publishing, 2002
- *Evolved Packet Systems (EPS)*, P. Lescuyer, T. Lucidarme, Wiley, 2008
- *WiMax – Technology for Broadband Wireless Access 3rd Ed.*, L. Nuaymi, Wiley, 2007
- *The IMS – IP Multimedia Concepts and Services*, M. Poikselka, G Mayer, Wiley, 2009

Mapa IV - Transmissão de Alta Capacidade**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Transmissão de Alta Capacidade***4.4.1.1. Title of curricular unit:***High Capacity Transmission***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EEC***4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rui Miguel Henriques Dias Morgado Dinis (Regente) – T:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:*

- Conhecimento dos limites físicos para a transmissão digital de informação*
- Conhecimentos sobre transmissão digital em banda-base e sobre portadora sinusoidal, abrangendo aspetos como eficiência de potência e espectral.*
- Caracterização dos emissores e recetores adequados a este tipo de sinais, bem como os algoritmos de processamento de sinal inerentes.*
- Conhecimentos sobre as técnicas de transmissão digital de alta capacidade, com ênfase nas técnicas empregues no âmbito de sistemas de comunicações modernos.*
- Bases teóricas sólidas e competências que permita exercer atividade profissional na área, ou o prosseguimento para estudos mais avançados.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow to:*

- Know the physical limit of digital transmission of information*
- Base-band and bandpass digital transmission techniques, including aspects such as spectral and power efficiency.*
- Transmitter and receiver characterization for these types of signals, as well as appropriate signal processing algorithms.*
- Channel codification techniques and coding/decoding algorithms.*
- Become familiar with high capacity digital transmission techniques employed in modern digital communication systems*
- Solid theoretical bases and abilities that allow a professional activity in the telecommunications area, or more advanced studies.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Elementos de teoria da informação*
- Codificação de fonte*
- Capacidade do canal*
- Transmissão digital*

- Transmissão em banda-base e sob portadora sinusoidal
- Densidade espectral de potência de sinais digitais
- Recetor óptimo
- Desempenho de modulações
- Igualização
- Codificação de canal
- Códigos de blocos
- Códigos convolucionais
- Desempenho
- Estratégias de controle de erros
- Códigos avançados
- Turbo-códigos
- Códigos LDPC
- Códigos polares

4.4.5. Syllabus:

- Elements of information theory
- Source coding
- Channel capacity
- Digital transmission
- Baseband and bandpass transmission
- Power spectral efficiency of digital signals
- Optimum receiver
- Performance of digital modulations
- Equalization
- Channel coding
- Block codes
- Convolutional codes
- Performance
- Error control strategies
- Advanced codes
- Turbo-codes
- LDPC codes
- Polar codes

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

Além da familiarização com a caracterização no tempo e frequência de sinais (algo adquirido em unidades curriculares anteriores), a compreensão das diferentes técnicas de transmissão digital requiere o conhecimento prévio de ferramentas para a avaliação de desempenho (cálculo de densidades espectrais, eficiências espectrais, teoria da deteção e probabilidades de erro), bem como o conhecimento dos limites fundamentais de sistemas de transmissão digital (capacidade do canal). Esses limites e ferramentas são ensinadas no início do programa antes de se estudar em detalhe as diferentes técnicas de transmissão digital. Deste modo, o programa da unidade curricular é consistente com os respetivos objetivos e a forma como está estruturado permite que os alunos os atinjam.

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

To understand the different digital transmission techniques the students should be familiarized not only with the characterization of the signals in time and frequency (something acquired in previous courses), but also with knowledge of tools for performance evaluation (power spectral densities, spectral efficiencies, detection theory and computation of error probabilities), and the knowledge of the fundamental limits of digital transmission systems (channel capacity). These limits and tools are taught at the beginning of the course before the detailed study of the different digital transmission techniques. Therefore, the syllabus of the course is consistent with its objectives. Moreover, it is structured in such a way that allows the students to achieve the objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular tem uma componente teórica de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos e técnicas básicas são explicados nas aulas teóricas. Nas aulas práticas os alunos resolvem vários problemas aplicando as técnicas adquiridas nas aulas teóricas. São igualmente estudados vários sistemas de transmissão digital correntes de forma a compreender as diferentes opções subjacentes.

A avaliação consiste em 4 testes distribuídos ao longo do semestre ou, em alternativa, um exame. Além disso, os alunos fazem um trabalho prático onde se estuda uma determinada técnica de transmissão digital, o qual pode ter um peso máximo de 25% da nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course has a theoretical component of 2 hours/week and a practical component of 2 hours/week. The basic concepts and techniques are explained in the theoretical lectures. In practical classes students solve several problems by applying the techniques acquired in lectures. They also study various digital transmission systems to understand the different underlying options.

The assessment consists of 4 tests distributed over the semester or, alternatively, a final exam. A practical assessment is also done concerning the detailed study of a specific system and/or transmission technique, which can have a maximum weight of 25% on the final grade.

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

Nas aulas teóricas os estudantes aprendem os conceitos básicos associados às diferentes técnicas de transmissão digital e adquirem ferramentas para a respetiva avaliação de desempenho, nomeadamente para o cálculo de densidades espectrais de potência, eficiência espectral e probabilidades de erro. Na parte prática os alunos resolvem problemas onde aplicam os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Além disso, estudam sistemas concretos com o objetivo de compreender as opções adotadas. Os exercícios propostos cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas de análise envolvidas, e exercitando a sua utilização. Deste modo, as metodologias de ensino adotadas na unidade curricular são consistentes os respetivos objetivos de aprendizagem, permitindo que os alunos os atinjam

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

In the theoretical classes the students learn the basic concepts associated with different digital transmission techniques and tools for their performance evaluation, namely for the computation of power spectral density, spectral efficiency and error probabilities. In the practical classes the students solve problems where they apply the knowledge acquired in the theoretical lectures. They also study concrete systems in order to understand the adopted options. The proposed exercises cover all theoretical aspects of the curricular unit. To solve them the students must understand the concepts and analytical techniques involved. Therefore, the teaching methodologies adopted in the curricular unit are consistent with the learning objectives, allowing students to reach them.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- S. Haykin, *Communication Systems*, John Wiley, 2008.
- A. Carlson, *Communication Systems*, McGraw-Hill, 2001.

Mapa IV - Serviços e Aplicações em Redes**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Serviços e Aplicações em Redes

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Network Services and Applications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Pedro Miguel Figueiredo Amaral – TP:28; PL:28

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Conhecer os protocolos usados no nível aplicação na Internet.

- Compreender os problemas associados à utilização massiva de serviços, conhecendo os sistemas representativos do estado da arte (e.g. replicação web, cloud, CDN e peer-to-peer). Saber identificar problemas em aberto nestes assuntos.
- Familiarização com a utilização de diferentes normas de codificação multimédia e transmissão de áudio e vídeo.
- Compreender conceitos fundamentais de segurança em rede baseada em criptografia.
- Conhecer os standards de segurança no nível rede
- Conhecer de forma detalhada as versões seguras dos serviços de nível aplicação na Internet
- Ser capaz de desenvolver aplicações baseadas no protocolo HTTP, utilizando Java.
- Ser capaz de desenvolver aplicações Web usando RESTFull APIs e Websockets, usando JavaScript e TypeScript.

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

At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow to:

- Understand the application layer protocols of the Internet
- Understand the problems associated with the massive use of services, knowing the state of the art systems (e.g. web replication, cloud, CDN and peer-to-peer). Know how to identify open problems in these subjects.
- Know the utilization of the different multimedia coding standards and audio and video transmission.
- Understand the fundamental cryptography based network security concepts.
- Know the network security standards
- Know the protocol standards of the secure versions of the Internet application layer protocols
- Be able to develop HTTP based applications in Java.
- Be able to develop WEB applications using RESTFull APIs e Websockets using the MEAN stackt using JavaScript and TypeScript.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Nível aplicação na Internet:

- Domain Name System: DNS
- Correio eletrónico: SMTP, IMAP, POP3
- Transferência de ficheiros: FTP
- Word Wide Web: HTTP 1.0, HTTP 1.1 e HTTP 2.0
- Aplicações Peer-to-peer: Bit Torrent, GnuTella. Uso de Distributed Hash Tables; CHORD
- Redes de Distribuição de conteúdos
- Aplicações Multimédia: Bases da Compressão Audio e Video: MP3, MPEG 2; Protocolos SIP, RTP e RTSP
- Aplicações Distribuídas baseadas na WEB: API REST, Web Services, AJAX; Comunicação em tempo real com Websockets

Segurança em rede

- Criptografia
- Algoritmos de chave simétrica
- Algoritmos de chave pública
- Assinaturas Digitais
- Gestão de chaves públicas
- Segurança na comunicação: IPSEC, segurança em redes Wireless WEP, WPA, 802.11i/WPA2.
- Protocolos de autenticação
- Segurança no Nível transporte: SSL, TLS
- Segurança nível aplicação: Correio Electrónico seguro; DNS Seguro; HTTP seguro; SSH

4.4.5. Syllabus:

The Internet application layer

- Domain Name System: DNS
- Electronic mail: SMTP, IMAP, POP3
- File Transfer: FTP
- Word Wide Web: HTTP 1.0, HTTP 1.1 and HTTP 2.0
- Peer-to-peer applications: Bit Torrent, GnuTella; Distributed Hash Tables (DHTs); CHORD
- Content Distribution Networks (CDNs)
- Multimedia applications: Basics of Audio and Video compression: MP3, MPEG 2; The SIP, RTP and RTSP protocols
- WEB based distributed applications: RESTfull APIs, Web Services, AJAX; Real time communication with Websockets

Network Security:

- Cryptography
- Symmetric algorithms
- Public Key algorithms
- Digital signatures
- Public Key Infrastructures
- Communication Security: IPSEC, Wireless networks security WEP, WPA, 802.11i/WPA2 and Bluetooth.
- Authentication protocols
- Transport Layer Security: SSL, TLS
- Application layer security: Secure E-mail; Secure DNS; Secure HTTP; SSH

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

O Programa cobre as tecnologias mais representativas bem como os standards de nível aplicacional utilizados na Internet de modo a que os estudantes as dominem e consigam entender os desafios inerentes à sua utilização massiva. São cobertos os conceitos relativos às APIs REST e Websockets para que os estudantes possam conseguir implementar aplicações WEB na parte prática. Para dotar os estudantes de conhecimento dos princípios básicos da compressão áudio e vídeo são cobertos os standards JPEG e MPEG 2 bem como o MP3 que sendo já antigos utilizam os mesmos princípios base de standards mais modernos. Para atingir os objetivos relacionados com a segurança em redes de computadores são cobertos os princípios básicos de criptografia de forma a compreender os blocos básicos de construção dos protocolos de segurança lecionados que são os mais representativos dos níveis rede, transporte e aplicação.

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

The syllabus covers the most representative technologies in the state-of-the-art as well as the application layer standards used in the Internet allowing the students to understand both the protocols and the challenges brought by their massive use. The RESTful APIs and Websocket subjects are covered so that the students can implement Web applications in the lab projects. To give the students the basics of the utilization of the different multimedia coding standards the JPEG e MPEG 2 standards are covered that use the same basic principles of more modern standards. To achieve the network security goals the basic cryptography methods are covered to understand the basic building blocks of the most representative security protocols that are covered for the network transport and application layers.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas têm um cariz mais expositivo, mas onde se orienta a exposição para a apresentação de um problema técnico/funcionalidade e respetivos desafios para em seguida demonstrar como os conceitos a transmitir os resolvem. Nas aulas teóricas são ainda incluídos exemplos de aplicação dos protocolos e sistemas aprendidos incluindo, por exemplo, configurações de sistemas reais e capturas reais de interações dos protocolos. Nas aulas práticas os alunos desenvolvem dois projetos de programação em pequenos grupos com autonomia e envolvendo tecnologia recente onde trabalham profundamente questões de implementação do protocolo HTTP e de aplicações Web. A avaliação é realizada em 2 testes durante o semestre ou em alternativa com um exame no final tendo esta componente teórica 50% de peso na nota final. Os restantes 50 % são obtidos através da avaliação oral presencial da qualidade dos dois projetos desenvolvidos na componente prática da cadeira.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes have a more expository nature. However, the presentation is done by starting with technical problems or functionalities and their challenges to then demonstrate how the exposed subjects address them. In the theoretical classes real examples of use of the covered protocols and systems are presented. These include, for example, configurations of real systems and captures of real protocol interactions. In the practical classes the students develop two programming projects in small groups and with autonomy, the projects involve recent technology and deeply cover implementation issues of the HTTP protocol and Web application development. Evaluation is performed in 2 tests during the semester or, in alternative, in a final exam, this theoretical component has a 50% weight in the final grade. The remaining 50% are obtained through an oral discussion to evaluate the quality of the two practical projects.

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

A disciplina pretende desenvolver nos estudantes a capacidade de analisar o comportamento de protocolos do nível aplicação bem como das arquiteturas de suporte a sua operação e os vários serviços que os utilizam. Os estudantes devem também conseguir especificar e configurar estes sistemas perante diferentes cenários. Esta capacidade não envolve apenas um conhecimento profundo dos conceitos e técnicas, mas também uma experiência prática na utilização de interfaces de programação e na configuração de sistemas. Existem duas dimensões nas quais os estudantes são avaliados: a) se são capazes de compreender os vários protocolos e sistemas estudados; e b) se são capazes de desenvolver programas e configurar sistemas de maneira a satisfazer uma especificação. A primeira dimensão pode ser obtida em grande parte pela frequência das aulas teóricas, onde os assuntos são apresentados e explicados. Ao frequentar estas aulas, um estudante aplicado acaba por adquirir um conhecimento alargado dos sistemas e protocolos, complementado com exemplos da sua aplicação, e do papel individual que cada elemento desempenha no sistema em que está integrado. Nas aulas e a nível da avaliação teórica, é comum a introdução de perguntas que obrigam a uma visão transversal que usa aspetos teóricos aprendidos de forma dispersa, são também abordados os desafios técnico-científicos que cada sistema enfrenta e como estes são ultrapassados envolvendo os estudantes de maneira a fomentar a capacidade de pensamento crítico e criatividade na solução. Finalmente, são fornecidos artigos científicos e algumas ligações Web na página da disciplina, que visam estimular a pesquisa para os alunos mais dedicados. A segunda dimensão requer uma familiaridade mais intensa com linguagens de programação, e com alguns dos sistemas discutidos, conhecimento que só pode ser obtido adequadamente através do treino prático. As aulas práticas obrigam à aplicação do conteúdo da documentação tutorial fornecida para cada projeto bem como à investigação autónoma das tecnologias e ferramentas utilizadas, funcionando o apoio do docente como um último recurso para a resolução de dúvidas. A discussão oral final dos grupos com nota individual permite aferir o nível de conhecimento de cada aluno. Durante o acompanhamento dos trabalhos nas aulas de laboratório é também comum orientar os alunos para mecanismos de diagnóstico complementares (e.g. consola de debug do browser), levando à autoaprendizagem. A realização de julgamento/tomada de decisões é uma das competências mais relevantes que se pretende fornecer com a disciplina. Perante o conjunto de técnicas e protocolos estudados, os alunos são convidados a nível da avaliação teórica e nos trabalhos de laboratório a identificar os principais desafios e a escolher as abordagens mais adequadas para os resolver.

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

The course aims at developing on the students the ability to analyze the behavior of application layer protocols, as well as the architectures that support them and the services that use them. The students should also be able to specify and configure these systems in different scenarios. Such ability requires not only a deep understanding of the concepts and techniques but also a practical experience in the use of programming interfaces and the configuration of systems. There are two dimensions in which students are assessed: a) whether they are able to understand the various protocols and systems studied and b) whether they are able to develop programs and configure systems that meet a specification.

The first dimension is largely met by attending the theoretical classes, where the subjects are presented and explained. By attending these classes, a dedicated student will eventually develop an understanding of the systems and protocols, complemented with examples of its application, and the role that each element plays in the system where it is integrated. In the classes and in the theoretical assessment, some questions is common to use questions that require a a cross-sectional knowledge using concepts learned in a dispersed way. The technical and scientific challenges that each system faces are also approached as well as the solutions in each case with the involvement of the students to foster critical thinking and creativity in obtaining solutions. Finally, some papers and some web links are provided, which aim to stimulate research interest in the students.

The second dimension requires a deeper familiarity with programming languages and with some of the discussed systems, and such knowledge can only be adequately obtained by practical training. Practical classes require using the contents of the tutorial documentation provided for each project, as well as the autonomous investigation of the used technologies and tools by the students. Teacher support is only used as a last resort for the clarification of doubts. The final oral discussion is a group discussion with individual grades and is used to assess the level of knowledge of each student. Part of the guiding process in practical classes, is the awareness on students of the complementary diagnostic mechanisms (e.g. Browser developer tools), leading to self-learning.

The judgment / decision making is one of the most important skills that the course wants to provide to the students. Given the set of techniques and protocols studied, students are invited to identify the main challenges and to choose the most adequate solutions.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. A. Tanenbaum & D. Wetheral, "Computer Networks", 5ª ed, Prentice-Hall, 2010. ISBN: 0-13-212695-8 / 0-13-255317-1
2. Vários artigos tutoriais disponibilizados na página da disciplina
3. " Computer Security: Principles and Practice ", William Stallings e Lawrie Brown, Pearson, 2018. ISBN-13: 9781292220611

1. A. Tanenbaum & D. Wetheral, "Computer Networks", 5th ed, Prentice-Hall, 2010. ISBN: 0-13-212695-8 / 0-13-255317-1
2. Several tutorial papers available on the class web page
3. " Computer Security: Principles and Practice ", William Stallings e Lawrie Brown, Pearson, 2018. ISBN-13: 9781292220611

Mapa IV - Configuração e Gestão de Redes**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Configuração e Gestão de Redes

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Network Management and Configuration

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

4.4.1.7. Observations:**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Pedro Miguel Figueiredo Amaral – TP:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta UC o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitem:*

- Conhecer o funcionamento de redes comutadas (Layer 2) e redes com encaminhamento IP (Layer 3). Saber desenhar e configurar: redes Ethernet (ARP; VLANs; interligação com IP); encaminhamento IP EIGRP, OSPF e BGP.
- Conhecer as arquiteturas de redes empresariais e de data center típicas e ser capaz de as desenhar e configurar.
- Conhecer as tecnologias e serviços MPLS e Carrier Ethernet.
- Compreender os limites das redes com plano de controlo distribuído.
- Conhecer as redes baseadas em Software (SDN).
- Conhecer o Protocolo SDN OpenFlow.
- Ser capaz de configurar equipamentos CISCO através de interfaces de linha de comandos (CLI)
- Ser capaz de programar aplicações SDN no controlador Floodlight e de utilizar o software de switching virtual OpenVswitch.
- Pensar de forma crítica sobre um problema de engenharia
- Efetuar escolhas fundamentadas e orientadas para o desempenho.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow to:*

- Know the operation of switched networks (Layer 2) and networks with IP routing (Layer 3). Know how to design and configure: Ethernet networks (ARP; VLANs; IP interconnection); EIGRP, OSPF, and BGP IP routing.
- Know the typical enterprise and data center network architectures and be able to design and configure them.
- Know MPLS and Carrier Ethernet technologies and services.
- Understand the limitations of networks with distributed control plan.
- Know the Software Defined Network Architecture (SDN).
- Know the OpenFlow SDN Protocol.
- Be able to configure CISCO equipment through command line interfaces (CLI).
- Be able to program SDN applications on the Floodlight controller and use OpenVswitch virtual switching software.
- Apply critical thinking in engineering problems
- Make reasoned and performance-oriented decisions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*•Redes Comutadas (Layer 2):**VLANs como forma de dividir domínios de colisão.**Agregação de Links.**Configuração de trunks para transporte de VLANs.**Configuração do protocolo Spanning Tree.**Encaminhamento entre VLANs usando routers ou multilayer switches.**•Redes com encaminhamento IP (Layer 3):**Endereçamento IPv4 e IPv6.**EIGRP, OSPF e BGP: Desenho, configuração e verificação.**Route maps, access control lists e prefix lists.**•Service Provider Networks.**Serviços suportados em Ethernet (802.1ad e 802.1ah)**Serviços suportados em MPLS (VPNs Layer 3, Pseudowires e VPNs Layer 2 ou VPLS).**•Software Defined Networks**Separação entre control plane e forwarding plane.**Southbound API - OpenFlow.**SDN usando Overlays.**SDN usando APIs.**Data plane programável – P4.**•Network Function Virtualization (NFV)**Redes 5 G e funções virtualizadas de rede (NFVs).**Gestão e orquestração de NFVs modelo (MANO).**O problema do encadeamento e da colocação de NFVs.**Interação com o SDN.***4.4.5. Syllabus:***• Switched Networks (Layer 2):**VLANs as a way to divide broadcast domains.**EtherChannel link aggregates.**Configuration of 802.1D trunks.*

*The several versions of the Spanning Tree protocol.
Inter VLAN routing using routers or multilayer switches.*

- *Routed Networks (Layer 3):
IPv4 and IPv6 addressing.
EIGRP, OSPF and BGP: Design, configuration and verification.
Route maps, access control lists and prefix lists.*
- *Service Provider Networks.
Ethernet (802.1ad e 802.1ah) supported services.
MPLS (VPNs Layer 3, Pseudowires e VPNs Layer 2 or VPLS) supported services.*
- *Software Defined Networks
Control plane and forwarding plane separation.
Southbound API, OpenFlow protocol.
SDN using Overlays.
SDN via APIs.
Programmable Data plane—P4 language.*
- *Network Function Virtualization (NFV)
5 G networks and NFVs.
Management and orchestration of NFVs (MANO model).
The NFV placement and chaining problem.
Interaction with SDN.*

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

*O programa cobre o funcionamento das redes ao nível 2(comutadas) e 3(encaminhadas) de modo a dotar os estudantes do conhecimento necessário para desenhar, configurar e operacionalizar redes. Estes conhecimentos são postos em prática com a configuração de cenários típicos.
São apresentados os serviços oferecidos por redes de Service Provider, fazendo a ponte entre as tecnologias usadas nas redes empresariais e as extensões necessárias para resolver os problemas deste tipo de redes dotando o estudante com o conhecimento necessário para avaliar o tipo de serviços mais adequados a cada caso e fomentando o pensamento crítico sobre as limitações das redes atuais.
Finalmente são cobertos os conceitos de redes controladas por software e o seu enquadramento com as redes 5G e os seus requisitos de modo a dotar o estudante de capacidades de desenvolvimento de aplicações SDN e de pensamento crítico sobre problemas na fronteira do estado da arte das redes SDN com virtualização de funções de rede.*

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

*The program starts by covering the operation of level 2 (switched) and 3 (routed) networks in order to provide students with the knowledge needed to design, configure and operate networks. This knowledge is put into practice by setting up typical scenarios.
Typical services offered by Service Provider networks are presented, bridging the technologies used in enterprise networks and the extensions required to solve the problems of such networks. This provides the student with the necessary knowledge to evaluate the type of services best suited to a particular type of use and fosters critical thinking about the limitations of today's networks.
Finally, modern concepts of software-controlled networks are covered, as well as they are framed within the requirements of 5G networks. This provides the student with SDN application development capabilities and critical thinking on state-of-the-art frontier problems in software-controlled networks with virtualization of network functions.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*As aulas T têm um cariz mais expositivo,mas numa grande parte do programa a exposição é baseada em exemplos concretos de cenários de rede contruindo a respetiva solução.Numa segunda parte do programa esta componente mais expositiva aumenta um pouco, mas sempre de um modo muito ligado a cenários e desafios concretos para em seguida demonstrar como os conceitos a transmitir os resolvem.Nas aulas teóricas são ainda usados exemplos de configurações de sistemas reais.Nas aulas PL os alunos desenvolvem dois projetos de em pequenos grupos com autonomia e envolvendo tecnologia recente onde trabalham profundamente questões de configuração de redes e implementação de aplicações SDN usando o protocolo OpenFlow.
A avaliação é realizada em 2 testes durante o semestre ou em alternativa com um exame no final tendo esta componente teórica 50%de peso na nota final.Os restantes 50% são obtidos através da avaliação oral presencial da qualidade dos 2 projetos desenvolvidos na componente PL da cadeira.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical classes have a more expository nature, but in a large part of the program the exposure is based on concrete examples of network scenarios and their solution. In a second part of the program this more expository component grows a little but always in a way that is closely linked to scenarios and concrete challenges demonstrating how the concepts to be taught solve them. Theoretical classes also use examples of real system configurations. In laboratorial classes, students develop two projects in small groups involving recent technology. In the projects they deeply work on network configuration and SDN application deployment using the OpenFlow protocol.
The assessment is performed in 2 tests during the semester or alternatively with an exam at the end with this theoretical component weighting 50% in the final grade. The remaining 50% is obtained through a face-to-face oral assessment of the two projects developed in the practical component of the chair.*

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

As aulas de exposição teórica focam-se na compreensão das tecnologias, sempre na perspetiva da sua aplicação para a resolução dos problemas e requisitos de cenários de redes em concreto, para que o estudante se habitue a desenvolver com resultados concretos em mente, e compreenda o funcionamento da tecnologia de modo aplicado. Os trabalhos práticos permitem trabalhar a capacidade de aplicar o conhecimento em cenários concretos tanto para desenhar e/ou configurar redes com cenários típicos (verificando o funcionamento da rede e resolvendo problemas) bem como para desenvolver aplicações SDN em JAVA e virtualizar redes controladas por software.

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

Theoretical exposition classes focus on understanding the technologies, always from the perspective of solving the problems and requirements of concrete network scenarios, so that the student gets used to designing with concrete results in mind and understands the technology in an applied way.

Practical projects allow the student to work on the ability to apply knowledge to concrete scenarios for both designing and /or configuring networks with typical scenarios (checking network operation and troubleshooting) as well as for developing JAVA SDN applications and virtualizing software-controlled networks.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Interconnecting Cisco Network Devices, Part 1 (ICND1) Second Edition"

"Interconnecting Cisco Network Devices, Part 2 (ICND2)"

"Implementing Cisco Switched Networks - Foundation Learning guide"

"Implementing Cisco IP routing - Foundation Learning guide"

"Software Defined Networking – A Comprehensive Approach", Paul Goransson and Chuck Black, Morgan Kaufman 2nd edition.

Mapa IV - Sistemas MIMO

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas MIMO

4.4.1.1. Title of curricular unit:

MIMO Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Paulo Montezuma de Carvalho – TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- *Conhecimento dos limites físicos para a transmissão digital de informação em canais SISO, SIMO, MISO e MIMO*
- *Conhecimentos sobre as técnicas de transmissão em sistemas MIMO single e multi user.*
- *Caracterização das técnicas de recepção em sistemas MIMO e receptores adequados a este tipo de sistemas, bem como os algoritmos de processamento de sinal e otimizar a relação entre eficiência e complexidade.*
- *Conhecimentos sobre as técnicas de implementação de sistemas MIMO massivos e soluções adotadas para minimizar a complexidade e garantir eficiência do ponto de vista prático.*
- *Bases teóricas sólidas e competências que permita exercer actividade profissional na área, ou o prosseguimento para estudos mais avançados.*

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

At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow to:

- *know the physical limits for the digital transmission of information in SISO, SIMO, MISO and MIMO channels*
- *know the transmission techniques in single and multi user MIMO systems.*
- *characterize reception techniques in MIMO systems and the receivers suitable for this type of systems, as well as the signal processing algorithm and the trade-off between efficiency and complexity.*
- *Know the implementation techniques of massive MIMO systems and solutions adopted to minimize complexity and ensure efficiency on practical hardware deployments.*
- *give the theoretical bases and competences that allow to carry out professional activity in the area, or the continuation for more advanced studies.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução

Técnicas de diversidade:

- *Tempo e frequência*
- *Espacial*
- *Sistemas SIMO, MISO e MIMO*

Capacidade de canal MIMO:

- *canal MIMO*
- *Eficiência espectral*
- *Eficiência energética*
- *Single user MIMO*
- *Multi-user MIMO*
- *detecção em sistemas MIMO: ML, ZF, MMSE, ZF-SIC, MMSE-SIC e LR*

Sistemas MIMO massivo:

- *tipos de implementação e limitações práticas: implementação 100% digital; implementações híbridas*

4.4.5. Syllabus:

Introduction

Diversity techniques:

- *Time and frequency*
- *Spatial diversity*
- *SIMO and MISO systems*

Channel capacity MIMO:

- *MIMO channel*
- *spectral efficiency*
- *energy efficiency*
- *Single user MIMO*
- *Multi-user MIMO*
- *MIMO detection: ML, ZF, MMSE, ZF-SIC, MMSE-SIC, LR based detection*

Massive MIMO:

- *Practical deployments considerations: fully digital; Hybrid implementations*

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

O Programa cobre as tecnologias mais representativas de diversidade e de técnicas MIMO usadas nos sistemas atuais e nos futuros sistemas de comunicação celular de modo a que os estudantes as dominem e consigam entender as limitações e desafios associados à sua adopção. São cobertos os conceitos relativos às várias técnicas de diversidade e benefícios das técnicas MIMO para que os estudantes possam conseguir implementar e simular este tipo de sistemas na parte prática. Para dotar os estudantes de conhecimento dos princípios básicos dos sistemas MIMO e massive MIMO, são igualmente analisadas técnicas como beamforming e pre-coding, associadas à separação dos fluxos de informação e otimização energética deste tipo de sistemas. No contexto dos sistemas MIMO massivos são analisadas técnicas híbridas como forma de garantir menor complexidade de implementação. Por fim, são analisadas diferentes tipologias de implementação no que respeita a trade-off entre complexidade/eficiência.

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

The syllabus covers the most representative diversity and MIMO techniques used in current systems as well as in future mobile systems. It is intended to provide to the students the knowledge needed to understand the limitations and challenges associated with their adoption. The concepts behind the various topologies and benefits of MIMO techniques are covered so that students can implement and simulate them in the practical part. It is provided the knowledge of the basic principles of MIMO and massive MIMO systems, which includes techniques such as beamforming and pre-coding, that are employed in multi-user scenarios and/or for energy optimization of these systems. In order to achieve the objectives related to massive MIMO systems, hybrid techniques are analyzed as a way

of guaranteeing less complexity of implementation on both sides of communication link. In this context, different types of implementation are analyzed in relation to the trade-off between complexity / efficiency.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular tem uma componente teórica de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos e técnicas básicas são explicados nas aulas teóricas. Nas aulas práticas os alunos resolvem vários problemas aplicando as técnicas adquiridas nas aulas teóricas. São igualmente estudados vários tipos de sistemas MIMO de forma a compreender as diferentes opções subjacentes.

A avaliação consiste em 2 testes distribuídos ao longo do semestre ou, em alternativa, um exame. Além disso, os alunos fazem um trabalho prático onde se estuda uma determinada técnica de transmissão digital, o qual pode ter um peso máximo de 25% da nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course has a theoretical component of 2 hours/week and a practical component of 2 hours/week. The basic concepts and techniques are explained in the theoretical lectures. In practical classes students solve several problems by applying the techniques acquired in lectures. They also study various deployments of MIMO systems to understand the different underlying options.

The assessment consists of 2 tests distributed over the semester or, alternatively, a final exam. A practical assessment is also done concerning the detailed study of a specific system and/or transmission technique, which can have a maximum weight of 25% on the final grade.

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

Nas aulas teóricas, os alunos aprendem os conceitos associados à implementação de ligações de transmissão multi-antena em cenários de utilizador único e multi-utilizador e as ferramentas para a sua avaliação de desempenho, nomeadamente para o cálculo de eficiência espectral e energética.

Nas aulas práticas, os alunos resolvem problemas onde aplicam os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Eles também estudam sistemas concretos para entender as limitações e as vantagens de cada opção adotada na implementação de tais sistemas. Os exercícios propostos abrangem todos os aspetos teóricos da unidade curricular. Para resolvê-los, os alunos devem entender os conceitos e as técnicas analíticas envolvidas.

Uma vez que quer a análise crítica quer a tomada de decisão são duas das capacidades que se pretende incutir nos alunos, as aulas práticas também são complementadas por um trabalho prático, onde os alunos são convidados a identificar os principais desafios e a escolher as soluções mais adequadas numa implementação de software de alguns sistemas estudados.

Deste modo, as metodologias de ensino adotadas na unidade curricular são consistentes com os respetivos objetivos de aprendizagem, permitindo que os alunos os atinjam.

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

In theoretical classes, students learn the concepts associated with the implementation of multi-antenna transmission connections in single user and multi-user scenarios and the tools for their performance evaluation, namely for the calculation of spectral and energetic efficiency.

In practical classes, students solve problems where they apply the knowledge acquired in theoretical classes. They also study concrete systems to understand the limitations and advantages of each option adopted in the implementation of such systems. The proposed exercises cover all the theoretical aspects of the curricular unit. To solve them, students should understand the concepts and analytical techniques involved.

Since both the critical analysis and the decision making are two of the skills we intend to instill in the students, the practical classes are also complemented by practical work, where students are invited to identify the main challenges and choose the most software implementation of some systems studied.

Therefore, the teaching methodologies adopted in the curricular unit are consistent with the learning objectives, allowing the students to reach them

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Thomas L. Marzetta, Erik G. Larsson, Hong Yang, Hien Quoc Ngo, ,Fundamentals of Massive MIMO, 1st edition, Cambridge University Press; December 19, 2016.ISBN-13: 978-1107175570
2. Emil Björnson, Jakob Hoydis, Luca Sanguinetti, Massive MIMO Networks: Spectral, Energy, and Hardware Efficiency (Foundations and Trends(r) in Signal Processing) Hardcover –, Now publishers, January 3, 2018. ISBN-10: 1680839853
3. Papers selecionados
- 4: Folhas da disciplina

Mapa IV - Temas Selecionados em Telecomunicações

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Temas Selecionados em Telecomunicações

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Selected Topics in Telecommunications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC**4.4.1.3. Duração:***Semestral / Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rodolfo Oliveira - TP:5; PL:5***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Luis Filipe Lourenço Bernardo - TP:5; PL:5**Paulo Montezuma - TP:4,5; PL:4,5**Paulo da Fonseca Pinto - TP:4,5; PL:4,5**Pedro Amaral - TP:4,5; PL:4,5**Rui Dinis - TP:4,5; PL:4,5***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Os objetivos desta unidade centram-se na aprendizagem de conceitos muito especializados em diversas áreas das telecomunicações, desde o nível físico aos níveis superiores (MAC, rede, etc.). Os estudantes adquirem competências na compreensão de conceitos muito recentes na área.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The objectives of this unit are focused on learning specialized topics in various areas of telecommunications, from the physical level to the upper layers (MAC, network, etc.).***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- *Novas técnicas para o nível físico;*
- *Novas técnicas para o subnível MAC;*
- *Novas técnicas para o nível rede;*
- *Avanços recentes nos níveis superiores (transporte, aplicação);*

4.4.5. Syllabus:

- *New advances on physical layer;*
- *New advances on MAC sublayer;*
- *New advances on Network layer;*
- *New advances on upper layers (transport, application);*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*Nesta unidade os estudantes desenvolvem estudo acompanhado pelos docentes sobre um tema de interesse na área das telecomunicações. Os estudantes suportam o estudo em diversas publicações, pretendendo simular posteriormente os conceitos e as técnicas estudadas. No final da unidade os estudantes apresentam o trabalho desenvolvido, através de uma apresentação pública.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***In this course the students choose a specific topic of interest in telecommunications and they pursue the studies under personal supervision of a lecturer. The students acquire knowledge on the chosen topic by studying several publications provided by the academic staff. The knowledge is then used to simulate the concepts / techniques*

approached, and a final presentation of the developed work is presented at the end of the course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nesta unidade são fornecidos aos estudantes um conjunto de bibliografia especializada no tópico a desenvolver, sendo os estudantes acompanhados pelos docentes responsáveis pelos tópicos.

A avaliação da unidade consiste em definir os objetivos a atingir para cada estudantes e em função de cada um dos tópicos, representando o cumprimento dos objectivos 75% da avaliação. Os restantes 25% dizem respeito à apresentação pública a realizar pelos estudantes.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The academic staff provides a set of specialized literature (usually scientific paper) on the topic, and the students are further accompanied by the respective lecturer that is responsible for the particular topic.

The assessment of the unit includes the objectives to be achieved for each student, which are specifically defined for each topic, being weighted as 75% of the final mark. The remaining 25% are comprises a public presentation delivered by the student.

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

A unidade pretende introduzir diversos conceitos associados às telecomunicações. Para atingir os objetivos de aprendizagem, os estudantes são acompanhados pelos docentes de forma a desenvolverem conhecimento no tema selecionado, e acompanhar o desenvolvimento de ferramentas que simulem os conceitos estudados.

No final os estudantes realizam uma apresentação resumizando os resultados alcançados, e demonstrando a aprendizagem adquirida por cada um.

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

The course aims at introducing various advanced concepts associated with telecommunications. To achieve the learning objectives, the students are accompanied by the academic staff in order to develop knowledge on the selected topic, and monitor the development of simulation tools that exemplify the studied concepts.

At the end of the unit the students deliver a public presentation, summarizing the results achieved, and proving their learning gain.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Specific papers in several areas, depending on the selected topic.

Mapa IV - Análise de Desempenho em Sistemas de Telecomunicações

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise de Desempenho em Sistemas de Telecomunicações

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Performance Analysis in Telecommunications Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:*Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Rodolfo Alexandre Duarte Oliveira (Regente) – T:28; PL:28***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:*

- Compreender as metodologias de modelação do desempenho de sistemas de telecomunicações, incluindo sistemas de comunicações e redes de computadores;*
- Ser capaz de aplicar diferentes metodologias de avaliação de desempenho de sistemas de telecomunicações, consoante a especificidade dos sistemas a caracterizar;*
- Conhecer diferentes métricas de avaliação de desempenho de sistemas de telecomunicações e os métodos que permitem o cálculo das mesmas, incluindo o domínio de ferramentas numéricas e de simulação.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this curricular unit the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow to:*

- Understand the methodologies for modeling the performance of telecommunications systems, including communications systems and computer networks;*
- Be able to apply different performance evaluation methodologies, depending on the specificity of the systems to be characterized;*
- Know different metrics (KPIs) adopted in the performance evaluation of telecommunications systems and the methods traditionally used to compute the metrics, including numerical computing tools and simulation tools.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução*
- Variáveis aleatórias*
- Distribuições Básicas*
- Correlação*
- Desigualdades e Leis Limite*

- Processos*
- Processo de Poisson*
- Teoria da Renovação*
- Cadeias de Markov de tempo discreto*
- Cadeias de Markov em tempo contínuo*
- Processo de Ramificação Geométrica*
- Modelos de Filas de Espera*

- Física de Redes*
- Tráfego de circuitos*
- Tráfego em tempo real*
- Tráfego elástico*
- Desempenho de Rede*

- Avaliação Holística*
- Desempenho da Camada física*
- Desempenho da Camada MAC*
- Desempenho de Encaminhamento e Transporte*
- Camadas Superiores e Desempenho de Camadas Cruzadas*

4.4.5. Syllabus:

- Introduction*
- Random Variables*
- Basic Distributions*
- Correlation*
- Inequalities and Limit Laws*

- Processes*

- Poisson Process
- Renewal Theory
- Discrete-time Markov Chains
- Continuous-time Markov Chains
- Geometric Branching Process
- Queueing Models

- Physics of Networks
- Circuit Traffic
- Real-time Traffic
- Elastic Traffic
- Network Performance

- Holistic Assessment
- Physical Layer Performance
- MAC Performance
- Routing and Transport Performance
- Upper layers and Cross-layering

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

O programa desta UC começa por introduzir os conceitos introdutórios de probabilidades necessários à compreensão e aprendizagem de ferramentas de modelação de sistemas de telecomunicações. Os conceitos permitem a compreensão de modelos de desempenho baseados em processos estocásticos, nomeadamente processos Gaussianos e de Poisson. Os processos estocásticos são depois aplicados em diferentes modelos de fila de espera, os quais permitem estudar diferentes fontes de tráfego, bem como os tempos de serviço associados à transmissão de pacotes em diferentes protocolos. A geração de tráfego é caracterizada do ponto de vista da dinâmica das redes, considerando tráfego associado a sistemas de comutação de circuitos e tráfego associado a sistemas de comutação de pacotes. Finalmente, são estudadas várias métricas de desempenho utilizadas nas diferentes camadas da pilha de protocolos, permitindo obter uma visão isolada do desempenho de cada camada e uma visão conjunta de duas ou mais camadas.

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

The program of this course begins with the introductory concepts of probabilities needed to understand and learn telecommunications modeling tools. The introductory concepts allow the understanding of performance models based on stochastic processes, namely Gaussian and Poisson processes. The stochastic processes are then applied to different waiting queue models, which allow the study of different traffic sources, as well as the service time associated with the transmission of packets in different protocols. Traffic generation is characterized from the point of view of network dynamics, considering traffic associated with circuit switching systems (e.g., voice) and traffic associated with packet switching systems. Finally, several performance metrics used in the different layers of the protocol stack are studied, allowing an isolated view of the performance of each layer and a cross-layering view.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular tem uma componente teórica de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. As aulas teóricas têm um cariz mais expositivo. Nas aulas práticas os alunos resolvem vários problemas aplicando as técnicas adquiridas nas aulas teóricas. São resolvidos diferentes problemas que envolvem a determinação de soluções fechadas, a determinação de soluções numéricas (através de software de cálculo numérico) e a comparação com indicadores obtidos através de simulação (utilizando simuladores de redes e de sistemas). A avaliação é distribuída em 2 testes realizados durante o semestre ou, em alternativa, um exame. Esta componente de avaliação tem um peso final de 60%. Os restantes 40% são obtidos através de um trabalho de simulação, onde os dados obtidos por simulação são comparados com resultados obtidos através das ferramentas de avaliação de desempenho estudados na UC.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is divided in a theoretical component of 2 hours / week and a practical component of 2 hours / week. Theoretical classes have a more expository nature. In the practical classes the students solve several problems applying the techniques acquired in the theoretical classes. Different problems are solved that involve the determination of closed solutions, the computation of numerical solutions (through numerical calculation software) and the comparison with indicators obtained through simulation (using simulators of networks and systems).

The assessment is distributed in 2 tests carried out during the semester or, alternatively, a test. This evaluation component has a final weight of 60%. The remaining 40% is obtained through a simulation work, where performance data obtained by simulation is compared with results obtained through the performance evaluation tools studied in the course.

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

Esta unidade tem como objetivo ensinar as principais metodologias de análise de desempenho em redes de telecomunicações. Para isso são lecionados vários modelos teóricos de referência, os quais são explorados nas aulas teórico-práticas através da realização de diversos exercícios. Os exercícios permitem uma maior reflexão sobre a utilização dos modelos teóricos em cenários práticos, permitindo ainda que os alunos possam selecionar as diferentes técnicas de modelação de acordo com a sua adequabilidade. O ensino dos modelos teóricos é complementado com a utilização de ferramentas de computação numérica, bem como a utilização de simuladores de

redes, os quais permitem a especificação de cenários operacionais para medição de desempenho. A realização de julgamento/tomada de decisões é estimulada e também avaliada no decorrer do semestre. Perante o conjunto de técnicas de modelação de desempenho, os alunos têm oportunidade na avaliação teórica e nos trabalhos práticos/exercícios de escolher as abordagens que melhor se adequam aos cenários práticos, estimulando dessa forma uma abordagem crítica relativamente às diferentes ferramentas estudadas no curso.

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

This course introduces the main methodologies of performance analysis in telecommunications networks. Several theoretical reference models are taught, which are explored in the theoretical-practical classes through the accomplishment of several exercises. The exercises allow a deeper understanding on the use of theoretical models in practical scenarios, allowing the students to select the different modeling techniques according to their suitability. The teaching of theoretical models is complemented with the adoption of different numerical computation tools, as well as the use of network simulators, which allow the specification of operational scenarios for performance measurement. Judgment / decision-making is encouraged and evaluated during the semester. Given the set of performance modeling techniques, students have the opportunity (in the theoretical evaluation and in the practical work / exercises) to choose the approaches that best fit the practical scenarios, thus stimulating a critical approach regarding the different tools studied in the course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Performance Analysis of Computer Networks
Authors: Sadiku, Matthew N.O., Musa, Sarhan M.
Springer, 2013*

*Network Performance Analysis
Author(s): Thomas Bonald Mathieu Feuillet
Wiley, 2011*

*Performance Analysis of Communications Networks and Systems
Author: Piet Van Mieghem, Technische Universiteit Delft, The Netherlands
Cambridge, 2006*

Mapa IV - Gestão de Projeto de Eletrotecnia e Computadores

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Gestão de Projeto de Eletrotecnia e Computadores

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical and Computers Project Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração:

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:28

4.4.1.6. ECTS:

3

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 Francisco Alves Martins - T:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular pretende dotar os alunos de conhecimentos sobre técnicas de gestão de projeto e sobre as ferramentas de suporte à gestão de projeto atualmente disponíveis no mercado. A unidade curricular abordará fundamentalmente as principais áreas da atividade de um engenheiro eletrotécnico, sendo dada especial ênfase à gestão de software e de hardware. No entanto, toda a atividade de gestão de projeto será abordada ficando os alunos aptos a participar na gestão de um projeto empresarial com noções de estratégia e estrutura empresarial, comunicação em equipas de projeto e respetivas ferramentas de colaboração, ciclo de vida de um projeto, sistemas de gestão de software, sistemas de gestão de ativos, ferramentas de contabilização de custos e atividades e ferramentas de gestão de comunicação com clientes.

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

This course aims to give students knowledge about project management techniques and project management support tools currently available on the market. The course will fundamentally address the main areas of activity of an electrotechnical engineer, with special emphasis on software and hardware management. However, all project management activity will be studied allowing students to participate in the management of professional business project by acquiring clear notions of strategy and business structure, communication in project teams and collaboration tools, project life cycle, software management systems, asset management systems, cost accounting tools and activities and customer relationship management tools.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Estrutura organizacional típica: estratégia, estrutura e recursos humanos
Comunicação em equipas de projeto – ferramentas de trabalho cooperativo
Seleção de projetos e gestão de portfólio
O ciclo de vida de um projeto: definição, planeamento, execução e entrega
Ferramentas de gestão de software
Sistemas de gestão de informação
Conceitos básicos de “Information Technology Infrastructure Library” (ITIL)
Ferramentas de gestão de ativos, de contabilização de custos de projeto e de gestão de contactos de clientes
Ferramentas de gestão de projeto contemporâneas*

4.4.5. Syllabus:

*The organizational context: strategy, structure, and human resources
Communication on project management – team collaboration tools
Project selection and portfolio management
The Project Management Life Cycle; defining, planning, executing and delivering
Software management tools
Management information systems
Information Technology Infrastructure Library basic concepts
Asset management tools
Project accounting tools
Customer relationship management and help desk software systems
Contemporary Project Management tools*

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

Uma vez que o objetivo principal desta unidade curricular é dotar os alunos de conhecimentos claros de ferramentas de gestão de projeto que lhes permitam uma fácil integração num ambiente empresarial, todo o ensino é organizado de forma a permitir o contacto com este tipo de ferramentas através de problemas concretos que os alunos têm que resolver utilizando os conceitos apresentados nas aulas teórico-práticas e as ferramentas introduzidas nas aulas práticas. Teremos portanto um ensino de cariz prático em que os alunos aprendem fazendo o que lhes permite adquirir competências concretas na resolução deste tipo de problemas e lhes dá um à vontade significativo aquando da sua entrada no mercado de trabalho.

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

Since the main objective of this course is to provide students clear knowledge about project management tools allowing them to be easily integrated in an enterprise environment, all teaching is organized in a way that allows the contact with this type of tools through concrete problems that students solve using the concepts presented in the theoretical classes and the tools introduced in the practical classes. Therefore, we will have a practical teaching in which students learn by doing allowing them to acquire skills for solving this type of problems and giving them a significant willingness when starting their professional activity.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino terá duas componentes principais: as aulas teórico-práticas onde os conceitos base serão apresentados e as aulas práticas onde os alunos terão contacto com ferramentas de apoio à gestão de projetos. As aulas TP serão utilizadas para a exposição dos conceitos sendo sempre ilustradas com problemas práticos que os alunos deverão tentar resolver conceptualmente durante as sessões. Nas aulas práticas serão apresentadas diversas ferramentas de apoio à gestão de projeto sendo colocados problemas concretos que os alunos, organizados em grupos de 3, deverão solucionar e apresentar conclusões.

A avaliação terá 2 componentes: T e P. A avaliação teórica será baseada em 2 testes (um sensivelmente a meio do período letivo e outro no final) ou num exame teórico. A avaliação prática será efetuada com base num projeto desenvolvido pelos alunos em grupos de 3 durante as aulas práticas e complementado com atividade fora das aulas práticas que será apresentado aos colegas e discutido com o(s) docente(s).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching will have two main components: the theoretical (T) classes where the basic concepts will be presented and the practical (PL) classes where students will have contact with project management tools. T classes will be used for the exposition of the concepts always illustrated with practical problems that the students solve conceptually during the sessions. In the PL classes several project management tools will be presented together with concrete problems that the students, organized in groups of three, should solve.

The evaluation will have two components: T and PL. The T evaluation will be based on two tests (one in the middle of the academic period and the other at the end) or a theoretical examination. The PL evaluation will be based on a project developed by the students in groups of three during the PL classes and complemented with activity outside the PL classes. This project will be presented to the classmates and discussed with the teacher(s).

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

O ensino será fundamentalmente prático uma vez que os alunos serão colocados perante problemas concretos que têm que resolver utilizando os conceitos e as ferramentas apresentadas nas aulas. Assim, serão desenvolvidas competências concretas de utilização de pacotes de software que apoiam a atividade de projeto e que são normalmente utilizadas em ambiente empresarial. Os alunos ficarão assim preparados para uma fácil integração numa empresa quando se der a sua integração no mercado de trabalho.

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

Teaching will be fundamentally practical since students will be confronted with concrete problems that they have to solve using the concepts and tools presented in classes. Thus, the students will acquire concrete skills in the use of software packages for project management normally used in business environments. Therefore, students will be prepared for an easy integration into a company when they finish their studies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Managing People and Organizations in Changing Contexts, by Graeme Martin
Butterworth-Heinemann,
ISBN 9780750680004*

*The Project Management Life Cycle: A Complete Step-by-step Methodology for Initiating, Planning, Executing & Closing a Project Successfully
By Jason Westland
ISBN-13: 978-0749449377*

*Software Management
By Donald J. Reiffer
Wiley-Interscience
ISBN-13: 978-0-471-77562-1*

*ITIL Practitioner Guidance
AXELOS
ISBN 9780113314874*

*Applied Software Project Management
Andrew Stellman & Jennifer Greene
O'Reilly
ISBN 0-596-00948-8*

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:

As diversas unidades curriculares têm na sua larga maioria duas vertentes: uma vertente mais expositiva (aulas teóricas ou teórico-práticas) e uma outra vertente mais prática. Enquanto os conceitos fundamentais são apresentados nas aulas teóricas, as aulas práticas facultam aos estudantes conhecimentos “hands-on” que lhes permitem ganhar autoconfiança e competências técnicas que lhes permitirão um alto grau de autonomia no desenvolvimento da sua atividade profissional. As unidades curriculares estão organizadas de forma a fomentar nos estudantes o espírito de trabalho em grupo sendo uma preocupação estimular nos estudantes a capacidade de pesquisa e seleção de informação essenciais a qualquer profissional nesta área. Complementando a formação adquirida pelos estudantes nas UC de soft skills, diversas UC incluem na sua avaliação apresentações públicas e discussões de trabalhos que permitem aos estudantes o desenvolvimento das suas capacidades de comunicação.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

The various curricular units mostly have two strands: a more expositive strand (theoretical or practical classes) and another more practical strand. While the fundamental concepts are presented in the lectures, practical classes give students hands-on knowledge that enables them to gain self-confidence and technical skills that will allow them a high degree of autonomy in the development of their professional activity. The curricular units are organized in such a way as to foster in students the spirit of group work. It is a concern to stimulate in students the research and selection of information capacity essential to any professional in this area. Complementing the training acquired by students in the soft skills UC, several UC include in their assessment public presentations and discussions of works that allow students to develop their communication skills.

4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

No cálculo do esforço associado a cada unidade curricular em termos de unidades de crédito (ECTS) foi considerado que 1 unidade de crédito corresponde a 28 horas de trabalho do estudante, onde se incluem as horas de contacto com os docentes e horas de trabalho autónomo. Este conhecimento permite aos docentes responsáveis organizar as suas unidades curriculares por forma a que o trabalho exigido corresponda aos ECTS estimados. A verificação da consistência entre o valor estimado e o real é feita pela análise das respostas dadas pelos estudantes nos inquéritos. Nos casos em que se verificam discrepâncias significativas, a organização da unidade curricular, nomeadamente no que diz respeito aos trabalhos exigidos aos estudantes, é reformulada por forma a garantir a correspondência entre o valor estimado e o real.

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

In the calculation of the effort associated with each curricular unit in terms of credit units (ECTS) it was considered that 1 credit unit corresponds to 28 student working hours, which include contact hours with teachers and autonomous working hours. This knowledge allows the responsible teachers to organize their course units so that the required work corresponds to the estimated ECTS. The consistency between the estimated and the real value is verified by analysing the answers given by the students in the surveys. In cases where significant discrepancies occur, the organization of the curricular unit, namely with regard to the work required of the students, is reformulated to ensure the correspondence between the estimated and the actual value.

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:

A FCT NOVA dispõe de uma plataforma eletrónica que contém a descrição de todas as unidades curriculares, com a informação relativa aos objetivos, bem como o funcionamento de cada unidade. Os elementos para avaliação da unidade curricular são igualmente disponibilizados, bem como os sumários das aulas lecionadas. A calendarização das avaliações bem como a garantia da adequação da avaliação aos objetivos é também verificada ao nível da coordenação do curso, nomeadamente através da comissão pedagógica, que integra representantes dos estudantes. Nos casos em que sejam comunicados desajustes, os representantes dos estudantes comunicam esse facto ao Coordenador que promove uma reunião com o professor responsável por forma a resolver o problema relatado. A adequação da avaliação da aprendizagem aos objetivos das unidades curriculares é igualmente avaliada a posteriori, através das respostas aos inquéritos curriculares.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

FCT NOVA has an electronic platform that contains the description of all curricular units as well as the information regarding the objectives, and the operation of each unit. The elements for assessment of the course are also available, as well as the summaries of the classes taught. The scheduling of the evaluations as well as ensuring the adequacy of the evaluation to the objectives is also verified at the level of course coordination, namely through the pedagogical committee, which includes student representatives. In cases where maladjustments are reported, student representatives report this to the Coordinator who arranges a meeting with the responsible teacher in order to resolve the reported problem.

The appropriateness of learning assessment to the objectives of the curricular units is also assessed a posteriori through the responses to the curricular inquiries.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

A participação dos estudantes em atividades científicas é incentivada em todas as unidades curriculares deste ciclo de estudos. A bibliografia complementar da UC é normalmente constituída por artigos científicos que servem de base à elaboração de trabalhos de iniciação à investigação, muitas vezes escritos sob a forma de publicação científica. Os estudantes são igualmente convidados a assistir a palestras científicas que decorrem regularmente no DEEC, frequentemente proferidas por investigadores estrangeiros de visita ao Departamento. Finalmente, na elaboração das suas dissertações os melhores estudantes são integrados em projetos de investigação do DEEC e estimulados a escrever artigos para posterior submissão a conferências internacionais de referência. O elevado número de estudantes com publicações a nível de mestrado tem resultado na atribuição, pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, de um crescente número de bolsas de doutoramento.

4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

Students' participation in scientific activities is encouraged in all course units of this study programme. The complementary bibliography of UC is usually made up of scientific articles that serve as the basis for the initiation of research work, often written in the form of scientific publication. Students are also invited to attend regular scientific lectures held at DEEC, often by foreign researchers visiting the Department. Finally, in preparing their dissertations the best students are integrated into DEEC research projects and encouraged to write articles for later submission to

international reference conferences. The large number of students with articles published at master level has resulted in the Foundation for Science and Technology awarding a growing number of PhD scholarships.

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:

O número total de créditos ECTS e a duração do ciclo de estudos está de acordo com o artigo 18.º de Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março. Em virtude da riqueza de subáreas científicas na área de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, foi decidido implementar o máximo de ECTS e a duração máxima estipulada. Esta opção é aliás consentânea com as escolhas feitas quer a nível nacional, quer a nível internacional em cursos semelhantes. Esta intensidade e duração permitem que os estudantes adquiram as especializações descritas no parágrafo 3 do referido artigo. Acresce ainda a opção de existir uma unidade curricular de preparação de Dissertação para possibilitar uma profundidade acrescida na Dissertação e conseguir o requisito de escrita de um artigo científico se o estudante e o trabalho desenvolvido estiverem ao nível adequado.

4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:

The total number of ECTS credits and the length of the study programme is in accordance with Article 18 of Decree-Law 74/2006 of March 24. Due to the wealth of scientific subareas in the field of Electrical Engineering and Computers, it was decided to implement the maximum ECTS and the maximum duration stipulated. This option is also in line with the choices made at both national and international level in similar courses. This intensity and duration allows students to acquire the specializations described in paragraph 3 of that article. In addition, there is the option of having a dissertation preparation course to allow for a greater depth in the dissertation and achieve the requirement of writing a scientific article if the student and the work developed are at the appropriate level.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

O plano de estudos do curso foi elaborado de uma forma regular para possibilitar o encaixe de várias alternativas tanto de UC como de subáreas científicas. Uma decisão importante foi a determinação do número de subáreas científicas que o estudante deveria obter tendo sido o número 2 a escolha, por forma a garantir uma formação abrangente sem detrimento da profundidade oferecida em cada área. A determinação seguinte consistiu no número de UC que seriam oferecidas em cada semestre. Um número elevado de unidades de baixo valor de ECTS não foi considerado adequado devido a dispersar exageradamente o trabalho dos estudantes. Acresce que a FCT NOVA e os cursos existentes no DEEC usam unidades de 6 ECTS e decidiu-se manter esse valor. Deste modo, não houve uma consulta explícita aos docentes sobre a metodologia do cálculo do número de ECTS das unidades curriculares por não ter havido alterações nesta área. A decisão de manter os ECTS foi tomada com a participação dos docentes do DEEC.

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

The syllabus of the course was designed on a regular basis to enable the fitting of various alternatives from both UC and scientific subareas. An important decision was to determine the number of scientific subareas the student should obtain, with number 2 being the choice to ensure comprehensive training without detriment to the depth offered in each area. The next determination was the number of UC that would be offered each semester. A large number of low value ECTS units was not considered adequate due to the excessive dispersion of student work. In addition, FCT NOVA and existing DEEC courses use 6 ECTS units and it was decided to maintain this value. Thus, there was no explicit consultation with teachers about the methodology of calculating the number of ECTS credits of the course units because there were no changes in this area. The decision to maintain the ECTS was made with the participation of the DEEC teachers.

4.7. Observações

4.7. Observações:

Pertencente ao Perfil Curricular FCT, está incluída nos planos curriculares, uma opção designada Unidade Curricular do Bloco Livre, a qual inclui unidades de todas as áreas científicas da FCT NOVA, aprovadas anualmente pelo Conselho Científico da FCT NOVA.

4.7. Observations:

As part of the FCT Curricular Profile, an option called Unrestricted Elective is included in the curricular plans, which includes curricular units from all scientific areas of FCT NOVA, approved annually by the Scientific Council of FCT NOVA.

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.

A coordenação é assegurada pela comissão científica, constituída por

- *Luis Filipe Lourenço Bernardo (coordenador geral)*
- *Nuno Filipe Silva Veríssimo Paulino (coordenador para o 2º ciclo)*
- *João Almeida das Rosas*
- *André Teixeira Bento Damas Mora*
- *Anabela Monteiro Gonçalves Pronto*
- *Paulo da Costa Luís da Fonseca Pinto*

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
Ana Inês da Silva Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Anabela Monteiro Gonçalves Pronto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica, especialidade em Energia	100	Ficha submetida
André Dionísio Bettencourt da Silva Parreira Rocha	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
André Teixeira Bento Damas Mora	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Eng. Electrotécnica	100	Ficha submetida
Anikó Katalin Horváth da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica / Sistemas Digitais	100	Ficha submetida
Bruno João Nogueira Guerreiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Fernando José Almeida Vieira do Coito	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Filipe de Carvalho Moutinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Almeida das Rosas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Carlos da Palma Goes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Francisco Alves Martins	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Miguel Murta Pina	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Paulo Branquinho Pimentão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
João Pedro Abreu de Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Microeletrónica / Eng. Electrotécnica e Comp.	100	Ficha submetida
José António Barata de Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
José Manuel Matos Ribeiro da Fonseca	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Luís Augusto Bica Gomes de Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luis Filipe dos Santos Gomes	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Luis Filipe Figueira Brito Palma	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica / Especialidade de Controlo	100	Ficha submetida
Luis Filipe Lourenço Bernardo	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Maria Helena Silva Fino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Electrónica	100	Ficha submetida
Nuno Filipe Silva Veríssimo Paulino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Paulo José Carrilho de Sousa Gil	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Paulo Miguel de Araújo Borges Montezuma de Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e computadores	100	Ficha submetida
Pedro Alexandre da Costa	Professor Auxiliar ou	Doutor		Engenharia Electrónica,	100	Ficha

Sousa	equivalente		especialidade de Sistemas e Informação Industriais		submetida
Pedro Miguel Figueiredo Amaral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Ribeiro Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores / Electrónica	100	Ficha submetida
Raul Eduardo Capela Tello Rato	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Ricardo Luis Rosa Jardim Goncalves	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Sistemas de Informação Industriais/Eng. Electrotécnica	100	Ficha submetida
Rodolfo Alexandre Duarte Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Telecomunicações/Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Rui Alexandre Nunes Neves da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Rui Manuel Leitão Santos Tavares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Rui Miguel Henriques Dias Morgado Dinis	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Eng. Electrotécnica	100	Ficha submetida
Stanimir Stoyanov Valtchev	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Pedro Leal Abalada de Matos Carvalho	Assistente convidado ou equivalente	Mestre	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	60	Ficha submetida
Francisco Alexandre Ganho da Silva Reis	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	30	Ficha submetida
António Carlos Bárbara Grilo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Gestão Industrial - Comércio Electrónico	100	Ficha submetida
José Barahona da Fonseca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciência da Computação	100	Ficha submetida
Luis Manuel Camarinha Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Robótica e Manufatura Integrada	100	Ficha submetida
Paulo da Costa Luís da Fonseca Pinto	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Computer Science	100	Ficha submetida
				3890	

<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.

40

5.4.1.2. Número total de ETI.

38.9

5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	38	97.686375321337

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	38.3	98.457583547558

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	37.3	95.886889460154 38.9
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0 38.9

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	36	92.54498714653 38.9
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	0.6	1.5424164524422 38.9

Pergunta 5.5. e 5.6.

5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

O Regulamento da FCT NOVA relativo à Avaliação do Desempenho têm por objeto o desempenho dos docentes, visando avaliá-lo em função do mérito e melhorar a sua qualidade. A avaliação de desempenho abrange todos os docentes das escolas envolvidas, tem em conta a especificidade de cada área disciplinar e considera todas as vertentes da respetiva atividade: a) Docência; b) Investigação científica, desenvolvimento e inovação; c) Tarefas administrativas e de gestão académica; d) Extensão universitária, divulgação científica e prestação de serviços à comunidade. Os resultados da avaliação têm consequências no posicionamento remuneratório, contratação por tempo indeterminado e renovações de contratos. Para a permanente atualização dos docentes contribui, desde logo, a implementação de uma política de estímulo à investigação de qualidade com o objetivo de incentivar projetos com potencial de investigação e reconhecer o mérito dos investigadores mais destacados.

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

The Evaluation of the Performance's Statutes of FCT NOVA evaluate the merit of all academic staff, in order to improve their quality. The evaluation considers the specificities of each scientific area and aims at all the aspects of academic activity: a) Teaching; b) Research, development and innovation; c) Administrative work and academic management; d) Dissemination and community support activities. The evaluations' results impact the remuneration of the academic staff, tenure, contract renewal of professors, authorisation of sabbatical leaves, teaching load, and grants. The implementation of incentives for quality research based on the evaluation, contributes to continuous updates of staff, to improve the research potential, and to acknowledge the merit of the most recognised professors.

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 lecionação do ciclo de estudos.

O ciclo de estudos conta com o apoio de quatro funcionários não docentes:

- 1 - Ana Cristina Silva - Técnica de Informática Adjunta
- 2 - Helena Inácio - Assistente Técnica Administrativa
- 3 - Elsa Abrantes - Técnica de Informática de Grau 3
- 4 - Octávio Gralha - Técnico de Informática de Grau 2

A Ana Cristina Silva coordena atualmente os serviços de apoio administrativo e toda a parte contabilística de suporte ao DEE (efetua a interface com a divisão de contabilidade da FCT NOVA). A Helena Inácio dá apoio administrativo maioritariamente na fase de conclusão dos cursos (teses de Mestrado e de Doutoramento). A Elsa Abrantes gere os sistemas informáticos de apoio aos cursos (CLIP, PURE, pág. WEB) e dá apoio administrativo no recrutamento de Bolseiros e Monitores. Finalmente o Octávio Gralha trata, fundamentalmente, da manutenção de todos os equipamentos informáticos nos diversos laboratórios do DEEC.

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

The study cycle is supported by four non-teaching staff:

- 1 - Ana Cristina Silva - Assistant Computer Technician
- 2 - Helena Inácio - Administrative Technical Assistant
- 3 - Elsa Abrantes - Computer Technician Grade 3
- 4 - Octávio Gralha - Computer Technician Grade 2

Ana Cristina Silva currently coordinates the administrative support services and all accounting support for DEEC (interfaces with the accounting division of FCT NOVA). Helena Inácio provides administrative support mostly in the course completion phase (Master's and PhD thesis). Elsa Abrantes manages the course support computer systems (CLIP, PURE, web page) and provides administrative support in the recruitment of Scholarship fellows and Monitors. Finally, Octávio Gralha deals mainly with the maintenance of all computer equipment in the various DEEC laboratories.

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Todo o pessoal não docente de apoio à lecionação tem o 12.º Ano de escolaridade.

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

All the non-academic staff supporting the study programme has the 12th Year (end of the high school)

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

A avaliação do pessoal não docente é efetuada segundo o SIADAP – Sistema Integrado de Avaliação de Desempenho da Função Pública – o qual assenta na definição de objetivos institucionais que são desdobrados pela organização. Os objetivos a atingir por cada funcionário, administrativo ou técnico, são definidos no início de cada ciclo avaliativo e estão alinhados com os objetivos estratégicos da instituição. A progressão do funcionário, a existir, dependerá da avaliação bienal que é feita em função do cumprimento das metas fixadas.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

The performance of non-academic staff is based on SIADAP – Integrated System for Performance Evaluation of Public Administration. SIADAP requires the definition and deployment of institutional objectives. The goals to be attained by the non-academic staff are aligned with the institution strategic objectives and are defined at the beginning of each evaluation cycle. The career progression of staff depends on their biennial evaluation, which is based on the degree of accomplishment of the pre-defined goals.

7. Instalações e equipamentos**7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

As aulas teóricas são efetuadas em salas da FCT NOVA atribuídas pelos serviços de planeamento estando disponíveis os seguintes laboratórios dedicados (indica-se em cada um o número de estações de trabalho):

Máquinas Elétricas-8, Instrumentação e Medidas Elétricas-5, Alta-tensão-2, Desenho Assistido por Computador-13, Investigação em Máquinas Elétricas-5, Investigação em Eletrónica-5, Eletrónica das Telecomunicações-8, Projetos em Eletrónica-5, CAD para Eletrónica-8, Sistemas Digitais-12, Sistemas Digitais e Percecionais-12, Microprocessadores-11, Investigação em Sistemas Digitais e Percecionais-9, Modelação de Dados em Engenharia-9, Robótica-7, Investigação Robótica-5, Teoria de Sistemas-8, Controlo-9, Automação-9, Sistemas de Decisão-6, Comunicações-10, Telecomunicações-10, Telecomunicações/Eletrónica-10, Célula Flexível Manufatura-1, Sistemas de Tempo Real-9, Eletrónica Básica-9, Microprocessadores-12, Redes e Propagação-6.

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

Theoretical classes are held on FCT NOVA classrooms managed by the planning services. The following laboratories for practical classes are available (the number of workstations is indicated):

Electrical Machines-8, Instrumentation and Measurements-5, High-Voltage Laboratory-2, Computer Aided Design-13, Research in Electrical Machines-5, Laboratory of Advanced Research in Electronics-5, Laboratory of Electronic for Telecommunications-8, Microelectronics Design-5, Laboratory for Design in Electronics-8, Digital Systems-12, Digital and Perceptual Systems-12, Microprocessors-11, Research in Digital and Perceptual Systems-9, Data Modeling-9, Robotics-7, Research in Robotics-5, Systems Theory-8, Control-9, Automation-9, Control and Decision Systems-6, Communications-10, Telecommunications-10, Electronics for Telecommunications-10, Flexible Factory Cell-1, Real Time Systems-9, Basic Electronics-9, Microprocessors-12, Propagation and Communication Networks-6.

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Os laboratórios estão dotados de PC em n.º suficiente para os seus utilizadores.

Equipamentos específicos:

Robótica – robôs: 5 de 5 eixos, 8 móveis, 1 SCARA SONY; 1 sistema de comutação de garras SCHUNK, 1 feeder, 2 robôs, 2 sist.garras, 1 Armazém automático, 1 Célula FESTO-Node, 2 car-wash kits, 1 conveyor, 2 warehouse kits, 2 process cell kits, 3 PLCs

Controle - Processos escala laboratorial, Controladores industriais, PLCs, Componentes discretos para automação Eletrónica-Componentes eletrónicos, Kits de aprendizagem PAM, PCM, FM, PM

Telecomunicações–kits de experiências em: microondas, antenas e fibra ótica, módulos SDR USRP B100, Routers, Switches OpenFlow, Controladores SDN

Sistemas Digitais - Sistemas de desenvolvimento 8031, Switch 3COM

Energia-Transformadores 100kV, condensadores, resistências e díodos de alta tensão, módulos fotovoltaicos, simulador solar, quadros elétricos inteligentes, variadores de velocidade

Software-Prolog, ORACLE DB, GNURadio e Java, entre outros.

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

All laboratories are equipped with enough PCs for their users.

In addition, several specific equipment are available:

Robotics - Robots: 5 5-axis, 8 mobile, 1 SCARA SONY; 1 SCHUNK grapple switching system, 1 feeder, 2 robots, 2 grapple systems, 1 Automated warehouse, 1 FESTO-Node Cell, 2 car-wash kits, 1 conveyor, 2 warehouse kits, 2 process cell kits, 3 PLCs

Control - Laboratory Scale Processes, Industrial Controllers, PLCs, Discrete Automation Components

Electronics - Electronic Components, PAM, PCM, FM, PM Learning Kits, 1 SUN Ultra 60 Station

Telecommunications - Experiment Kits on: Microwave, Antennas & Fiber Optics, USRP B100 SDR modules, Routers, OpenFlow Switches, SDN controllers

Digital Systems - 8031 Development Systems, Switch 3COM

Energy - 100kV Transformers, capacitors, resistors and highvoltage diodes, PV modules, solar simulator, smart electrical switch boards, variable speed drives

Software - Prolog, ORACLE DB, Octave, GNU Radio and Java, among others

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
CTS – Centro de Tecnologia e Sistemas / Centre of Technology and Systems	Muito Bom / Very Good	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa	25	http://www.uninova.pt/cts
IT - Instituto de Telecomunicações	Muito Bom / Very Good	IST	5	https://www.it.pt/

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://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/49626a3f-8193-cb2d-4178-5e73b6173df6>

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://a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/49626a3f-8193-cb2d-4178-5e73b6173df6>

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.

As parcerias internacionais têm sido consubstanciadas através de acordos bilaterais de cooperação que a NOVA tem celebrado com universidades estrangeiras e acordos de mobilidade do programa Erasmus com:

- Cologne U. of Applied Sciences, Fachhochschule Schmalkalden, Technische U. Ilmenau, Alemanha
- U. de Mons, Bélgica
- "Nikola Vaptsarov" Naval Academy, Burgas Free U., Burgas Prof. Dr. Asen Zlatarov U., National Defence College "G.S. Rakovski", Sofia U. Saint Kliment Ohridski, Tech. U. of Sofia, Todor Kableshkov Higher School of Transport, Bulgária
- U. de La Laguna, U. de Salamanca, U. de Vigo, U. de Coruña, U. Politécnica de Madrid, U. Politécnica de Catalunya, Espanha
- Tampereen Teknillinen Yliopisto, Finlândia
- U. Claude Bernard Lyon 1, França
- Technical U. of Crete, U. of the Aegean, Grécia
- Technische U. Delft (EEMCS), Holanda
- Óbuda U., Hungria
- Institute of Technology Tallaght, Irlanda
- U. degli Studi di Catania, U. degli Studi di Firenze, U. degli Studi di Palermo, U. degli Studi di Perugia, Itália
- AGH U. Science Technology, Politechnika Poznanska, Politechnika Warszawska, Politechnika Wroclawska, U. Zielonogórski, Polónia
- 1 Decembrie 1918 U. of Alba Iulia, Stefan Cel Mare U. of Suceava, U. "Alexandru Ioan Cuza" Iasi, U. Politehnica din Bucuresti, U. Tehnica din Cluj-Napoca, U. Transilvania din Brasov, Roménia
- Bulent Ecevit U., Çankaya U., Gazi U., Hacettepe U., Istanbul Gelisim U., Istanbul Medipol U., Turquia

Os docentes do DEEC são responsáveis e/ou integram as equipas de um grande número de projetos de investigação nacionais e internacionais entre os quais (apresentam-se apenas as siglas dos projetos em execução à data de Junho de 2019):

DiManD, InnovPlanProtect, SFCoLAB, AlmaScience, HERIT-DATA, CESME, tLOSS, YAMMI, PhotoAKI, FUELMON, IPSTERS, INTMOB, TRIZIN GO, AMBIOSENSING, BOOST 4.0, ARIBOS, SUDOKET, FIRST, aSiPhoto, Nano-TFT, LAN4CC, UVAZN GO, MPBIO GO, Storage4Grid, PERCAL GO, INSTAGRI, RICESE GO, Big Data Ocean, Secret Paper, LoCAPOD, PPGDIODE, EmGraph, SMART_VEDA, CareLink, Climate-Kic Hub Portugal, HAMLeT, IRACON, GOOD MAN, ViMM, vf-OS, Nanoguard2ar, AutoCarInsp, AVERT, Spike Computing, DynaTurnTake, SHCity, ARCON-ACM, I2MHB, Uterine Explorer, SigmaRail, ACACIA, Open MOS, PERFORM, PROTEUS, BEinCPPS, OPTIMUM, DIVERSITY, LUDI, TU1403, Annex67.

São exemplos de projetos de investigação já terminados:

SolWin, EXOWAVE, MANASE, VLC-MIMO, ESASOC, NobelGrid, C2Net, GAVIDAV, AQUASmart, GEAF, ILUV, IVELA, Design4Energy, Arrowhead, ProSEco, ROBO-PARTNER, ProaSense, MONDO, OSMOSE, DISRUPTIVE, MobiS, PRIME, Petri-Rig, FitMan, Geria, SADAC, RobotSampler, DAAMI, WDM, SHBuildings, ECHORD / RIVERWATCH, POVERE, RobotSampler, GloNet, AAL4ALL, Imagine, MSEE, EAR-IT, E-CEO, FUSION, LIFESAVER, OBIOS, MARx, LTE-Advanced, EU COG, PROFLEX, ALTERNATIVA, IDEAS, ADCOD, Deri, UNITE

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.

International partnerships have been substantiated through bilateral cooperation agreements that UNL has entered into with foreign universities and Erasmus mobility agreements with:

- Cologne U. of Applied Sciences, Fachhochschule Schmalkalden, Technische U. Ilmenau, Germany
- U. de Mons, Belgium
- "Nikola Vaptsarov" Naval Academy, Burgas Free U., Burgas Prof. Dr. Asen Zlatarov U., National Defence College "G.S. Rakovski", Sofia U. Saint Kliment Ohridski, Tech. U. of Sofia, Todor Kableshkov Higher School of Transport, Bulgaria
- U. de La Laguna, U. de Salamanca, U. de Vigo, U. de Coruña, U. Politécnica de Madrid, U. Politécnica de Catalunya, Spain
- Tampereen Teknillinen Yliopisto, Finland
- U. Claude Bernard Lyon 1, France
- Technical U. of Crete, U. of the Aegean, Greece
- Technische U. Delft (EEMCS), Netherlands
- Óbuda U., Hungary
- Institute of Technology Tallaght, Ireland
- U. degli Studi di Catania, U. degli Studi di Firenze, U. degli Studi di Palermo, U. degli Studi di Perugia, Italy
- AGH U. Science Technology, Politechnika Poznanska, Politechnika Warszawska, Politechnika Wroclawska, U. Zielonogórski, Poland
- 1 Decembrie 1918 U. of Alba Iulia, Stefan Cel Mare U. of Suceava, U. "Alexandru Ioan Cuza" Iasi, U. Politehnica din Bucuresti, U. Tehnica din Cluj-Napoca, U. Transilvania din Brasov, Romania
- Bulent Ecevit U., Çankaya U., Gazi U., Hacettepe U., Istanbul Gelisim U., Istanbul Medipol U., Turkey

DEEC faculty are responsible for and/or part of the teams of a large number of national and international research projects, including (only the abbreviations of the projects running as of June 2019):

DiManD, InnovPlanProtect, SFCoLAB, AlmaScience, HERIT-DATA, CESME, tLOSS, YAMMI, PhotoAKI, FUELMON, IPSTERS, INTMOB, TRIZIN GO, AMBIOSENSING, BOOST 4.0, ARIBOS, SUDOKET, FIRST, aSiPhoto, Nano-TFT, LAN4CC, UVAZN GO, MPBIO GO, Storage4Grid, PERCAL GO, INSTAGRI, RICESE GO, Big Data Ocean, Secret Paper, LoCAPOD, PPGDIODE, EmGraph, SMART_VEDA, CareLink, Climate-Kic Hub Portugal, HAMLeT, IRACON, GOOD MAN, ViMM, vf-OS, Nanoguard2ar, AutoCarInsp, AVERT, Spike Computing, DynaTurnTake, SHCity, ARCON-ACM, I2MHB, Uterine Explorer, SigmaRail, ACACIA, Open MOS, PERFORM, PROTEUS, BEinCPPS, OPTIMUM, DIVERSITY, LUDI, TU1403, Annex67.

Examples of completed research projects are:

SoIWin, EXOWAVE, MANASE, VLC-MIMO, ESASOC, NobelGrid, C2Net, GAVIDAV, AQUASMART, GEAF, ILUV, IVELA, Design4Energy, Arrowhead, ProSEco, ROBO-PARTNER, ProaSense, MONDO, OSMOSE, DISRUPTIVE, MobiS, PRIME, Petri-Rig, FitMan, Geria, SADAC, RobotSampler, DAAMI, WDM, SHBuildings, ECHORD / RIVERWATCH, POVERE, RobotSampler, GloNet, AAL4ALL, Imagine, MSEE, EAR-IT, E-CEO, FUSION, LIFESAVER, OBIOS, MARx, LTE-Advanced, EUCOG, PROFLEX, ALTERNATIVA, IDEAS, ADCOD, Deri, UNITE

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:

Tradicionalmente, a empregabilidade em cursos de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores aproxima-se dos 100%. De acordo com a informação atual em <http://infocursos.mec.pt>, o número de desempregados, nesta área, é de 6 de entre 211 diplomados no período 2013-2016, o que representa uma percentagem de desemprego de 2,8%. Note-se que esta estatística se refere a estudantes que completaram o Mestrado Integrado. No caso do Mestrado como segundo ciclo separado da Licenciatura é de esperar que a situação seja similar (senão superior) especialmente tendo em conta que a facilidade de encontrar emprego. Uma ameaça concreta que tem sido combatida é o assédio das empresas aos estudantes finalistas atrasando-lhes a finalização do curso. Pensa-se que a passagem a Mestrado não integrado ajude a reduzir este fenómeno pela duração mais curta do curso e o impacto que tem nas expectativas dos estudantes.

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

Traditionally, employability in Electrical and Computer Engineering courses has approached 100%. According to the current information on <http://infocursos.mec.pt>, the number of unemployed in this area is 6 out of 211 graduates in the 2013-2016 period, which represents an unemployment rate of 2.8%. Note that this statistic refers to students who have completed the Integrated Master. In the case of the Master as a second study programme separate from the Degree, the situation is expected to be similar (if not superior) especially given that the ease of finding a job is so large that a significant number of students do not finish the Master because they have found an occupation before the end of their studies. Of course, there are no data from University Masters in this area that can better substantiate the arguments presented since all courses in Electrical and Computer Engineering were so far Integrated Masters.

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

O curso de Mestrado Integrado, cuja parte do segundo ciclo este ciclo de estudos vem substituir, teve e tem tido uma grande capacidade de atração de estudantes como o prova o total preenchimento das vagas na primeira fase de concurso nacional. Acresce que a taxa de estudantes que escolhem seguir o segundo ciclo noutra instituição (nacional ou estrangeira) é muito reduzida, devido ao excelente relacionamento entre docentes e estudantes, à qualidade do ensino e à motivação para iniciar uma formação avançada integrados num departamento com docentes altamente motivados para o desenvolvimento de atividade científica, devidamente consubstanciada pela integração em projetos nacionais e internacionais e elevada produção científica. Deste modo, existe uma confiança do Departamento em que é grande a capacidade para manter os estudantes e muito possivelmente atrair estudantes que tenham obtido o primeiro grau noutras instituições.

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

The Integrated Master Course, whose part of the second cycle this cycle of studies is replacing, had and has had a great capacity for attracting students, as evidenced by the full filling of vacancies in the first phase of the national competition. In addition, the rate of students choosing to pursue a second cycle at another institution (national or foreign) is very low due to the excellent relationship between teachers and students, the quality of teaching and the motivation to start advanced training integrated in a department with highly qualified teachers, motivated for the development of scientific activity, duly substantiated by the integration in national and international projects and high scientific production. Thus, there is a confidence in the Department that there is a large capacity to retain students and very possibly attract students who have obtained first grade in other institutions.

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

As parcerias com outras instituições da região de Lisboa que lecionam ciclos de estudos similares estão baseadas essencialmente em colaborações e não tanto na implementação de graus conjuntos ou outras iniciativas mais formais. A colaboração com outras instituições decorre da participação em projetos de investigação conjuntos, coordenação conjunta de estudantes, da participação em júris académicos e organização de eventos nacionais e internacionais. Existem colaborações com as principais instituições da região de Lisboa e não só, incluindo o IST/UL, o ISCTE-IUL, o ISEL e o IPS. Esta colaboração é facilitada pela participação em centro de investigação que incluem membros de várias instituições.

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

Partnerships with other institutions in the Lisbon region that teach similar study programmes are essentially based on collaborations rather than on implementing joint degrees or other more formal initiatives. Collaboration with other

institutions stems from participation in joint research projects, joint student co-orientation, participation in academic juries and organization of national and international events. There are collaborations with major institutions in the Lisbon region and beyond, including IST/UL, ISCTE-IUL, ISEL and IPS. This collaboration is facilitated by participation in research centres that include members from various institutions.

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:

Tanto em termos de duração (24 meses e 120 ECTS) como de estrutura curricular, é possível encontrar em muitas universidades de referência a nível internacional, cursos de mestrado em engenharia eletrotécnica e de computadores (EEC) muito semelhantes ao proposto. Um excelente exemplo, entre muitos outros, é Delft (Holanda), uma referência mundial no contexto da EEC. Para além de Delft, outras instituições que oferecem ciclos semelhantes a este incluem o KTH, em Estocolmo e o ETH em Zurique. Existe também a Universidade de Aachen e “La Sapienza” em Roma. Todos estes exemplos têm fortes relacionamentos com os docentes do Departamento e uma contínua comparação vai sendo feita ao longo dos anos em termos das áreas das unidades curriculares oferecidas.

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

Both in terms of duration (24 months and 120 ECTS) and curriculum structure it is possible to find in many international reference universities, masters courses in Electrical and Computer Engineering (EEC) very similar to the proposed one. An excellent example, among many others, is “Delft” (Netherlands), a worldwide reference in the EEC context. In addition to Delft, other institutions offering similar study programmes include KTH in Stockholm and ETH in Zurich. The Universities of Aachen and “La Sapienza” in Rome are also to be considered. All these examples have strong relationships with the professors of the Department and a continuous comparison is made over the years in terms of the areas of the offered course units.

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

Os objetivos de aprendizagem estão completamente alinhados com outros ciclos de estudos análogos. Este alinhamento é facilitado pela existência do acordo de Bolonha e a sua aceitação pelas instituições do espaço Europeu. Os descritores de Dublin são seguidos pelas várias instituições, tornando a aprendizagem dos estudantes bastante semelhante. O sucesso do aproveitamento dos nossos estudantes nas suas deslocações de Erasmus e a boa adaptação dos estudantes estrangeiros que nos visitam também em Erasmus provam a existência de um alinhamento muito significativo.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

Learning objectives are fully aligned with other similar study programmes. This alignment is facilitated by the existence of the Bologna agreement and its acceptance by the institutions of the European area. Dublin descriptors are followed by various institutions making student learning quite similar. The successful completion of our students curricular units in their Erasmus host institutions as well as the good adaptation of incoming foreign students under the Erasmus program, prove the existence of a very significant alignment.

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 - Entidade onde os estudantes desenvolvem as Dissertações

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

Entidade onde os estudantes desenvolvem as Dissertações

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2._Entidades_MEEC.pdf](#)

Mapa VII - NOS Technology, S.A.

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

NOS Technology, S.A.

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):[11.1.2._NOS.pdf](#)**Mapa VII - REN Serviços, S.A.****11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:***REN Serviços, S.A.***11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):**[11.1.2._REN.pdf](#)**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).**[11.2._Plano de distribuição dos estudantes_MEEC.pdf](#)**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:***Todas as dissertações e projetos são orientados ou coorientados por um docente doutorado do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.***11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:***All dissertations and projects are supervised or co-supervised by a doctoral professor from the Department of Electrical and Computer Engineering.***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:**

- *Objetivos bem adequados ao exercício da profissão de Engenheiro Eletrotécnico de acordo com artigos 15.º e 18.º do DL n.º 74/2006, de 24 de Março, alterado pelo DL n.º 107/2008, de 25 de Junho e republicado em anexo do mesmo.*
- *Oferta interdisciplinar flexível propiciando elevada especialização em duas áreas científicas da EEC.*
- *Permanente adequação à evolução tecnológica por atualização de UC opcionais.*
- *Docentes com registo de publicações superior à média nacional e com envolvimento num elevado número de projetos de investigação nacionais e internacionais permitindo a integração de estudantes em projetos de I&D. Bom relacionamento entre docentes e estudantes.*

- Proximidade de centros de investigação e da “incubadora de empresas” Madan Parque, permitindo a inclusão de parcerias/contactos técnico/científicos em espaços próprios e perto do corpo docente.
- Reconhecimento por empresas da qualidade da formação da FCT NOVA.
- Parcerias privilegiadas com a indústria da Península de Setúbal.

12.1. Strengths:

- The objectives are well suited to the profession of Electrical Engineer according to articles 15 and 18 of Decree-Law N. 74/2006, of 24 March, as amended by Decree-Law N. 107/2008, 25 June and republished as an annex thereto.
- Flexible interdisciplinary offer providing high level of specialization in two scientific areas of EEC.
- Permanent adaptation to technological evolution by updating optional UC.
- Professors with publication record above the national average and involved in a large number of national and international research projects allowing the integration of students in R&D projects. Good relationship between professors and students.
- Proximity to research centres and the “business incubator” Madan Parque, allowing the inclusion of partnerships / technical / scientific contacts in their own spaces and close to the FCT NOVA.
- Recognition by companies of the quality of FCT NOVA training.
- Privileged partnerships with the industry of the Setubal Peninsula.

12.2. Pontos fracos:

- Dificuldade de contratação de novos professores.
- Dificuldade de aquisição de material laboratorial novo.
- Alguns constrangimentos na manutenção quer do edifício quer na reparação de material laboratorial.
- Fraca qualidade da rede informática sem fios especialmente no edifício do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores devido às características de construção do edifício.
- Alguma limitação de espaços para estudo e realização de trabalhos de grupo.

12.2. Weaknesses:

- Difficulty in hiring new professors.
- Difficulty in acquiring new laboratory material.
- Some constraints on the maintenance of both the building and laboratory material repair.
- Poor quality of the wireless network, especially in the building of the Department of Electrical and Computer Engineering due to the characteristics of the building.
- Some limitation of spaces for study and group work.

12.3. Oportunidades:

- A implementação do “Perfil Curricular FCT” permite enriquecer a formação dos estudantes com competências complementares bem como a formação em empreendedorismo, potenciando a “marca FCT” no ensino de Ciências e Engenharia, enquanto elemento diferenciador para a procura do ciclo de estudos.
- O excelente ambiente existente na FCT NOVA poderá atrair estudantes cada vez melhores.
- A boa relação dos docentes com a indústria que poderá vir a angariar apoios financeiros e tecnológicos para o ciclo de estudos.
- A existência de um grande número de colaborações com outras instituições de ensino nacionais e estrangeiras que poderá trazer para a FCT NOVA um significativo número de estudantes de Erasmus.
- A possibilidade de internacionalização do curso tirando partido das múltiplas colaborações internacionais dos seus docentes.
- Possibilidade de permanente atualização dos conteúdos das diversas UC pela participação dos docentes em projetos nacionais e internacionais de investigação avançada.

12.3. Opportunities:

- The implementation of the “FCT Curricular Profile” allows widening the students' training with complementary skills as well as entrepreneurship training, while enhancing the “FCT brand” in science and engineering education, as a differentiating element for the pursuit of the study programme.
- The excellent atmosphere at FCT NOVA could attract even better students.
- The good relationship of many professors with the industry that may raise financial and technological support for the study programme.
- The existence of a large number of collaborations with other national and foreign educational institutions that may bring to FCT NOVA a significant number of Erasmus students.
- The possibility of internationalization of the course taking advantage of the multiple international collaborations of its professors.
- Possibility of permanent updating of the contents of the various UC by the participation of professors in national and international advanced research projects.

12.4. Constrangimentos:

- Dificuldade de transporte (público) a partir de determinadas regiões e em determinados horários.
- Residência universitária de capacidade insuficiente face à procura, nomeadamente por parte de estudantes Erasmus e estudantes de regiões mais afastadas.
- Forte atração para segundos ciclos no centro da Europa, agravada pelo elevado custo das propinas comparativamente a países como França, Alemanha e Bélgica.

12.4. Threats:

- *Difficulty in (public) transportation from certain regions and at certain periods of the day.*
- *University residence with insufficient capacity in the face of demand, particularly from Erasmus students and students from distant regions of Portugal.*
- *Strong attraction for second study programmes in central Europe, made worse by the high cost of tuition fees compared to countries such as France, Germany and Belgium.*

12.5. Conclusões:

Tendo em conta a experiência adquirida ao longo dos mais de vinte e cinco anos em que o Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) é responsável pelos cursos nesta área, inicialmente com a Licenciatura e Mestrado pré-Bolonha e, posteriormente, com o Mestrado Integrado, pode-se afirmar que estão reunidas todas as condições para que o curso de Mestrado agora proposto tenha sucesso contribuindo para a formação de excelentes profissionais nesta área. Ao longo deste processo, estes cursos foram criando um espaço próprio na sociedade portuguesa sempre com uma maior credibilidade demonstrada pela cada vez maior aceitação pelo mercado de trabalho. É já habitual ouvir o nome da FCT NOVA na curta lista de universidades em que eles confiam para admitir recém-formados.

As várias dificuldades encontradas ao longo destes anos têm sido minimizadas pelo esforço e dedicação do corpo docente e compreensão e empenho dos estudantes. Sempre que se tentou elevar o nível de rigor, os estudantes reagiram muito bem e perceberam que são os principais beneficiários. É um esforço que não deve parar e que se pode aplicar com mais propósito num ciclo de Mestrado comparado com um ciclo de Mestrado Integrado.

Num período em que novos desafios se vislumbram, a motivação de todos os intervenientes, a dinâmica de projetos de investigação e desenvolvimento, a forma como os docentes se relacionam com os estudantes e com os funcionários e o espírito de corpo presentes nesta instituição são o garante de um futuro de sucesso.

A FCT NOVA tem como objetivo afirmar-se como uma “research university” e o DEEC pretende para tal contribuir mantendo ou mesmo aumentado os seus índices de produção científica, quer em quantidade quer em qualidade, sem nunca descurar o ensino, não só pela adoção das melhores práticas pedagógicas como pela constante integração no ensino dos ensinamentos adquiridos na atividade de investigação dos seus docentes. Esses índices refletem-se, com grande impacto, diretamente em praticamente todas as UC deste 2.º ciclo de estudos. Adicionalmente, a organização do plano de estudos nomeadamente pela integração nas subáreas científicas de uma componente opcional no final de uma fase obrigatória pode permitir um dinamismo com a inclusão de temas que se vão tornando importantes para a indústria e serviços.

É importante referir que o Departamento tem sabido evoluir na estrutura do curso que oferece (se se analisarem as várias ofertas desde Licenciatura pré-Bolonha até esta) sem quebrar a sua marca identitária, mostrando uma grande idoneidade bem como elevada credibilidade da parte dos empregadores.

12.5. Conclusions:

Taking into account the experience gained over more than twenty-five years in which the Department of Electrical and Computer Engineering (DEEC) is responsible for the courses in this area, initially with the Pre-Bologna Degree and Masters, and later with the Integrated Master, it can be said that all the conditions are met for the Masters course now proposed to successfully contribute to the training of excellent professionals in this area. Throughout this process, these courses have created their own space in the Portuguese society, always with a growing credibility demonstrated by the increasing acceptance by the labour market. It is already customary to hear the name of FCT NOVA on the short list of universities they trust to admit recent graduates.

The several difficulties encountered over the years have been minimized by the professors effort and dedication as well as the students' understanding and commitment. Whenever attempts were made to raise the level of proficiency, students reacted very well and realized that they are the main beneficiaries. It is a non-stop effort that can be applied more purposefully in a Masters programme compared to an Integrated Masters programme.

In a period of new challenges, the motivation of all stakeholders, the dynamics of research and development projects, the way professors relate to students and staff, as well as the team spirit will lead to a successful future.

FCT NOVA aims to establish itself as a “research university” and DEEC intends to contribute by maintaining or even increasing its rates of scientific production, both in quantity and quality, without ever neglecting teaching not only by adopting the best pedagogical practices but also by the constant integration of research results in their classes. This is reflected, with great impact, directly in virtually all UC of this 2nd study programme. In addition, the organization of the syllabus, namely by integrating an optional component into the scientific sub-areas at the end of a compulsory phase, can provide dynamism with the inclusion of themes that are becoming important for industry and services.

It is important to mention that the Department has been able to evolve in the structure of the course it offers (if you look at the various offers from Pre-Bologna Degree to this) without breaking its identity mark, showing great suitability as well as high credibility from the employers.