

NCE/21/2100362 — 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. Outras Instituições de Ensino Superior (em associação) (Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 27/2021 de 16 de abril):

1.1.b. Outras Instituições de Ensino Superior (estrangeiras, em associação) (Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 27/2021 de 16 de abril):

<sem resposta>

1.1.c. Outras Instituições (em cooperação) (Lei n.º 62/2007, de 10 de setembro ou Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto):

<sem resposta>

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

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)

1.2.a. Identificação da(s) unidade(s) orgânica(s) da(s) entidade(s) parceira(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação). (Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 27/2021 de 16 de abril):

1.2.b. Identificação da(s) unidade(s) orgânica(s) da(s) entidade(s) parceira(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação com IES estrangeiras). (Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 27/2021 de 16 de abril):

<sem resposta>

1.2.c. Identificação da(s) unidade(s) orgânica(s) da(s) entidade(s) parceira(s) (faculdade, escola, instituto, empresas, etc.) (proposta em cooperação). (Lei n.º 62/2007, de 10 de setembro ou Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de março, na redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 65/2018, de 16 de agosto):

<sem resposta>

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Engenharia Aeroespacial

1.3. Study programme:

Aerospace Engineering

1.4. Grau:

Mestre

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Engenharia Aeroespacial

1.5. Main scientific area of the study programme:

Aerospace 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):

520

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:

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:

521

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, com a redação do DL n.º 65/2018):

2 anos (4 semestres)

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, as written in the DL no. 65/2018):

2 years (4 semesters)

1.9. Número máximo de admissões proposto:

100

1.10. Condições específicas de ingresso (art.º 3 DL-74/2006, na redação dada pelo DL-65/2018).

- 1- Titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em licenciaturas das áreas de: Eng. Aeroespacial, ou Eng. Aeronáutica, ou Eng. Eletrotécnica e Computadores, ou Eng. Eletrotécnica, ou Eng. Mecânica, ou Eng. Mecatrónica, ou Eng. Física, ou Eng. Física Tecnológica, ou afins;
- 2 - Titulares do grau de licenciado ou equivalente legal em licenciaturas das áreas das Engenharias ou Ciências de Eng. em geral, sendo o ingresso no programa sujeito a apreciação curricular e entrevista;
- 3 - Titulares de um grau académico superior estrangeiro conferido na sequência de um 1.º ciclo de estudos de acordo com os princípios do Processo de Bolonha nas áreas acima referidas;
- 4 - Detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que seja reconhecido como atestando capacidade para realização deste ciclo de estudos pelo Conselho Científico da FCT NOVA.

CrITÉrios de seriação: Classificação do curso; Currículo académico e científico; Currículo profissional; Eventual entrevista.

1.10. Specific entry requirements (article 3, DL no. 74/2006, as written in the DL no. 65/2018).

- 1-Holders of a bachelor's degree or legal equivalent in the areas of: Aerospace Engineering, or Aeronautical Engineering, or Electrical and Computer Engineering, or Electrical Engineering, or Mechanical Engineering, or Mechatronics Engineering, or in Physics Engineering, or in Technological Physics Engineering, or similar;
- 2-Holders of a Bachelor's degree or legal equivalent in the areas of Engineering or Eng. Sciences in general, with admission to the program subject to curricular assessment and interview;
- 3-Holders of a foreign higher academic degree awarded following a first cycle of studies in accordance with the principles of the Bologna Process in the aforementioned areas;
- 4-Holders of an academic, scientific, or professional curriculum, which is recognized as attesting the ability to carry out this study cycle by the Scientific Council of FCT NOVA.

Ranking Criteria: Degree grade point average (GPA); Academic and scientific curriculum; Professional resume; Possible interview.

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

n/a

1.11.1. If other, specify:

n/a

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

O Mestrado em Engenharia Aeroespacial será ministrado na FCT NOVA, sita no Campus da FCT NOVA, Monte da Caparica. As atividades do MEAer serão maioritariamente desenvolvidas no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores que é a unidade orgânica responsável pelo curso, bem como no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial. Ocasionalmente poderá haver necessidade de utilização dos recursos de outros departamentos da FCT NOVA envolvidos no mestrado.

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

The Master in Aerospace Engineering will be taught at FCT NOVA, located at the FCT NOVA Campus, Monte da Caparica. MEAer's activities will be mainly developed in the Department of Electrical and Computer Engineering, which is the organic unit responsible for the course, as well as in the Department of Mechanical and Industrial Engineering.

Occasionally there may be a need to use the resources of other FCT NOVA departments involved in the master's degree.

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:

O ciclo de estudos (CE) proposto, Mestrado em Engenharia Aeroespacial, é um novo ciclo enquadrado no âmbito do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) - medida 6 - Impulso Jovem STEAM e Impulso Adultos.

O CE será lecionado em inglês.

1.14. Observations:

The proposed study programme, Masters in Aerospace Engineering, is a new cycle within the scope of the Recovery and Resilience Plan (PRR) - measure 6 - Impulso Jovem STEAM and Impulso Adultos.

The SC will be in english.

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._Desp_Reit_Engenharia Aeroespacial.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_Engenharia Aeroespacial.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_Engenharia Aeroespacial.pdf](#)

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

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

O objetivo deste ciclo de estudos (CE) é formar mestres altamente qualificados para cargos nacionais e internacionais na indústria aeroespacial, órgãos governamentais e academia, 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. Através de um programa abrangente e interdisciplinar que envolve a excelência em atividades de pesquisa e inovação das instituições e empresas que orbitam a FCT NOVA, este CE abrange desafios que envolvem veículos espaciais e aeronaves no que diz respeito a: controlo, guiamento e navegação; eletrónica e telecomunicações; estruturas, aerodinâmica e propulsão.

3.1. The study programme's generic objectives:

The objective of this study programme (SP) is to train highly qualified masters for national and international positions in the aerospace industry, governmental agencies, and academic institutions, at the level required by the articles numbers 15 and 18 of the Decree-Law nr. 74/2006, of March 24, as amended by Decree-Law nr. 107/2008 of June 25 and reprinted in the corresponding Annex. Through a comprehensive and interdisciplinary study program that involves the excellence in research and innovation activities from institutions and companies orbiting FCT NOVA, this SP

addresses challenges related to space and aerial vehicles regarding: control, guidance, and navigation; electronics and telecommunications; structures, aerodynamics and propulsion.

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

Este CE incentivará o pensamento crítico sobre o papel da engenharia aeroespacial num futuro mais sustentável e inteligente, mas também no alargar das possibilidades de exploração espacial. O CE apresenta 2 áreas científicas de especialização: Sistemas de Aviónica e Mecânica Aeroespacial. Além de 3 UC obrigatórias em áreas distintas (materiais, física e ambiente), promove a formação interdisciplinar com 2 UC opcionais na outra área de especialização, 1 UC em áreas complementares (informática, matemática ou física), além de 1 UC sobre empreendedorismo.

No final do CE, considerando os objetivos de aprendizagem da rede Pegasus (<https://www.pegasus-europe.org>), os estudantes terão adquirido conhecimentos e competências em áreas que incluem:

Projeto e integração de aeronaves e aviónica

Dinâmica de voo, operações e comunicações

Dinâmica dos fluidos e aerodinâmica

Projeto de estruturas, materiais e sistemas de propulsão

Produção e sustentabilidade

Tecnologia e aplicações espaciais

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

This SP will encourage critical thinking regarding the role of aerospace engineering in a more sustainable and smart future, but also broaden the possibilities for space exploration. There are 2 scientific areas of specialization: Avionics Systems and Mechanics of Aerospace. In addition to 3 mandatory CU in different areas (materials, physics and environment), interdisciplinary training is promoted by 2 optional CU of the other specialization, 1 CU from complementary areas (computing, mathematics or physics), in addition to 1 UC in entrepreneurship.

At the end of the SP, considering the recommended learning outcomes of Pegasus network (<https://www.pegasus-europe.org>), students will have acquired knowledge and competence in areas that include: Aircraft and avionics design and integration

Flight dynamics, operations and communications

Fluid dynamics and aerodynamics

Structures, materials, and propulsion systems design

Production and sustainability

Space technology and applications

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 Aeroespacial é um curso interdisciplinar que visa a formação de técnicos na área de Engenharia Aeroespacial, 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 duas UC em qualquer área científica. 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 ao objetivo de ser uma referência em termos de investigação. Este designio tem tido frutos no passado recente, devidamente demonstrados pelos sucessos profissionais, ou na prossecução de estudos, dos estudantes do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, que estão associados a dois centros de investigação com classificação Excelente (CTS e UNIDEMI). 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 atribuídas 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 caráter 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 nos centros de investigação onde estão inseridos, como o CTS do UNINOVA, o UNIDEMI da FCT NOVA ou o Instituto de Telecomunicações. Nesse sentido, contribuem igualmente as parcerias que os docentes envolvidos na leção possuem com empresas e centros de investigação nacionais e internacionais.

Todos estes aspetos provam a coerência entre o ciclo de estudos 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 Aerospace Engineering is an interdisciplinary course that aims to train technicians in the area of Aerospace Engineering, with a curricular structure aligned with the educational project of FCT NOVA, through the inclusion of a common CU to all the Faculty's courses aimed at entrepreneurship training, as well as the mandatory

realization by students of two CU in any scientific areas. The orientation of the CUs, namely with regard to the acquisition of technical skills as well as interpersonal skills, aims to meet not only the demands of the labor market, but also the pursuit of studies in terms of research and doctoral studies. This option fits perfectly into the institution's mission and strategy, namely with regard to the objective of being a reference in terms of research. This design has been fruitful in the recent past, duly demonstrated by the professional success, or in the pursuit of post-graduate studies, of the students that complete the Integrated Master degree in Electrical and Computer Engineering and the Integrated Master degree in Mechanical Engineering, which are associated with two research centers of research with an Excellent classification (CTS and UNIDEMI). Examples of these achievements are the high demand for students from the labor market, the high percentage of success in obtaining doctoral scholarships awarded by Fundação para a Ciência e Tecnologia, as well as the existence of scientific articles derived from the work in the Dissertation .

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

The scientific quality of the study cycle is supported by the research developed by the teaching staff at the research centers where they are located, such as the CTS/UNINOVA, the UNIDEMI/FCT NOVA or the Instituto de Telecomunicações. In this sense, the partnerships that professors involved in teaching have with national and international companies and research centers also contribute to high scientific standards supporting this study program.

All these aspects prove the coherence between the study cycle and the mission defined in the statutes of FCT NOVA, which aims at the development of competitive and interdisciplinary research, as well as excellence in teaching, with competitive academic programs at national and international level, as well as broad inter-institutional participation, aiming at creating innovative synergies for teaching and research.

4. Desenvolvimento curricular

4.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)

4.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável) * / Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura *

Mecânica Aeroespacial
Sistemas de Aviónica

Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization

Mechanics of Aerospace
Avionic Systems

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

Mapa II - Mecânica Aeroespacial

4.2.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Mecânica Aeroespacial

4.2.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Mechanics of Aerospace

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 / Electrical and Computer Engineering	EEC	12	0	
Engenharia Mecânica e Industrial / Mechanical and Industrial Engineering	EMI	24	18	
Competências Complementares / Transferable Skills	CC	3	0	
Física / Physics	F	6	0	

Engenharia do Ambiente / Environmental Engineering	EA	3	0
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores ou Engenharia Mecânica e Industrial / Electrical and Computer Engineering or Mechanical and Industrial Eng.	EEC / EMI	30	0
EngEletrot Comp/Informática/Matemática/Física/EngFísica/EngBiomédica/ Electrical Comp Eng /Informatics/Mathematics/Physics/ PhysicsEng/ BiomedicalEng	EEC / I / M / EF / F / EBm	0	12
Engenharia de Materiais / Materials Engineering	EMt	6	0
Qualquer Área Científica / Any Scientific Area	QAC	0	6
(9 Items)		84	36

Mapa II - Sistemas de Aviónica

4.2.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Sistemas de Aviónica

4.2.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Avionic Systems

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos** / Minimum Optional ECTS**	Observações / Observations
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores / Electrical and Computer Engineering	EEC	30	18	
Engenharia Mecânica e Industrial / Mechanical and Industrial Engineering	EMI	6	0	
Competências Complementares / Transferable Skills	CC	3	0	
Física / Physics	F	6	0	
Engenharia do Ambiente / Environmental Engineering	EA	3	0	
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores ou Engenharia Mecânica e Industrial / Electrical and Computer Engineering or Mechanical and Industrial Eng.	EEC / EMI	30	0	
EngMecânica e Ind/Informática/Matemática/Física/EngFísica/EngBiomédica/ Mechanical Ind Eng /Informatics/Mathematics/Physics/ PhysicsEng/ BiomedicalEng	EMI / I / M / F / EF / EBm	0	12	
Engenharia de Materiais / Materials Sciences	EMt	6	0	
Qualquer Área Científica / Any Scientific Area	QAC	0	6	
(9 Items)		84	36	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - Mecânica Aeroespacial - 1.º ano / 1st year

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Mecânica Aeroespacial

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Mechanics of Aerospace

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	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho /	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS Opcional	Observações /
--------------------------------------	------------------------------	------------------------	------------------	------------------------------------	---------------	---------------

	Area (1)		Working Hours (3)			Observations
Modelação e Controlo de Veículos Aeroespaciais / Modeling and Control of Aerospace Vehicles	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	
Sistemas de Propulsão / Propulsion Systems	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	
Aerodinâmica / Aerodynamics	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	
Dinâmica Orbital / Orbital Dynamics	F	Semestre 1/Semester1	168	TP-42; PL-28;	6	
Materiais Estruturais para Aeroespacial / Structural Materials for Aerospace	EMt	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-42;	6	
Produção e Manutenção de Aeronaves / Aeronautical Production and Aircraft Maintenance	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	
Dinâmica de Voo / Flight Dynamics	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-56;	6	
Veículos Aéreos Não-Tripulados / Unmanned Aerial Vehicles	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	
Opção 1 / Option 1	EMI	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1
Opção 2 / Option 2	EEC / I / M / F / EF / EBm	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1

(10 Items)

Mapa III - Mecânica Aeroespacial - 2.º ano / 2nd year

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Mecânica Aeroespacial

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Mechanics of Aerospace

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	Opcional /	Observações / Observations
Engenharia Aeroespacial e Sustentabilidade / Aerospace Engineering and Sustainability	EA	Semestre 1/Semester1	84	TP-28;	3		
Empreendedorismo / Entrepreneurship	CC	Semestre 1/Semester1	84	TP-45;	3		
Opção 3 / Option 3	EMI	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Opção 4 / Option 4	EMI	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Opção 5 / Option 5	EEC / I / M / F / EF / EBm	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Unidade Curricular do Bloco Livre / Unrestricted Elective	QAC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Dissertação / Dissertation	EEC / EMI	Semestre 2/Semester2	840	OT-30;	30		

(7 Items)

Mapa III - Mecânica Aeroespacial - 1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 1, 3 e 4 / 1st and 2nd year - Option Group 1, 3 and 4

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Mecânica Aeroespacial

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Mechanics of Aerospace

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 1, 3 e 4 / 1st and 2nd year - Option Group 1, 3 and 4

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	Opcional	Observações / Observations
Projeto de Fadiga de Ligações Mecânicas e Estruturas Aeroespaciais / Fatigue Design of Mechanical Joints and Aerospace Structures	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	
Toleranciamento de Estruturas Aeroespaciais / Tolerancing of Aerospace Structures	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-56; 6	6	1	
Cadeias de Abastecimento Digitais / Digital Supply Chains	EMI	Semestre 2/Semester2	168	T-28; PL-28; 6	6	1	
Mecânica Computacional / Computational Mechanics	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	
Gestão de Projetos / Project Management	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	
Fundamentos de Economia e Finanças / Fundamentals of Economy and Financials	EMI	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28; 6	6	1	
Tópicos Avançados em Mecânica Estrutural / Advanced Topics in Structural Mechanics	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	

(7 Items)

Mapa III - Mecânica Aeroespacial - 1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 2 e 5 / 1st and 2nd year - Option Grupo 2 and 5

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Mecânica Aeroespacial

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Mechanics of Aerospace

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 2 e 5 / 1st and 2nd year - Option Grupo 2 and 5

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	Opcional	Observações / Observations
Aplicações de Sinais / Signal Applications	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	Se o estudante, na opção 2, escolher uma UC da área científica EEC,
Sistemas de Decisão / Decision Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	terá de escolher, na opção 6, uma UC das outras áreas científicas (I / M / EF / F / EBm).
Controlo em Sistemas Ciber-Físicos / Cyber-Physical Control Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	Se o estudante, na opção 2, escolher uma UC das áreas científicas I / M / F / EF / EBm,
Controlo por Retroação de Estado / State Feedback Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28; 6	6	1	terá de escolher, na opção 6, uma UC da área científica EEC.

Controlo Inteligente / Intelligent Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Tecnologia de Controlo / Control Technology	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Sensoriais / Sensorial Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Eletrónica para Micro-Sistemas / Electronics for Micro-Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Distribuídos de Manufatura / Distributed Manufacturing Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Robóticos e CIM / Robotic Systems and CIM	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas para Processamento de Big Data / Systems for Big Data Processing	I	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1
Programação Avançada para Ciência e Engenharia de Dados / Advanced Programming for Data Science and Engineering	I	Semestre 2/Semester2	168	T-28; PL-28;	6	1
Introdução à Investigação Operacional / Introduction to Operations Research	M	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1
Fundamentos e Tecnologia para Gases Rarefeitos / Fundamentals and Technology for Rarefied Gases	EF	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1
Aspetos Ambientais e Monitorização de Saúde / Environmental Aspects and Health Monitoring	EBm	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1
Tecnologia de Superfícies e Interfaces / Technology of Surfaces and Interfaces	F	Semestre 2/Semester2	84	PL-28;	3	1
Radiação no Espaço e nos Planetas / Space and Planets Radiation	F	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	1

(17 Items)

Mapa III - Sistemas de Aviónica - 1.º ano / 1st year

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Sistemas de Aviónica

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Avionic Systems

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	Opcional / Optional	Observações / Observations
Modelação e Controlo de Veículos Aeroespaciais / Modeling and Control of Aerospace Vehicles	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6		
Sistemas de Telecomunicações Aeroespaciais /	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6		
Nanocircuitos e Sistemas Analógicos / Nanocircuits and Analog Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6		
Dinâmica Orbital / Orbital Dynamics	F	Semestre 1/Semester1	168	T-42; PL-28;	6		
Materiais Estruturais de Aeronaves / Structural Materials For Aerospace	EMt	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-42;	6		
Sistemas de Aquisição Digitais /	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6		
Veículos Aéreos Não-Tripulados / Unmanned Aerial Vehicles	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6		
Dinâmica de Voo / Flight Dynamics	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-56;	6		
Opção 1 / Option 1	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1	
Opção 2 / Option 2	EMI / I / F / M /	Semestre	168	depende da UC	6	1	

(10 Items)

Mapa III - Sistemas de Aviónica - 2.º ano / 2nd year

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Sistemas de Aviónica

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Avionic Systems

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	Opcional	Observações / Observations
Engenharia Aeroespacial e Sustentabilidade / Aerospace Engineering and Sustainability	EA	Semestre 1/Semester1	84	TP-28;	3		
Empreendedorismo / Entrepreneurship	CC	Semestre 1/Semester1	84	TP-45;	3		
Opção 3 / Option 3	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Opção 4 / Option 4	EEC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Opção 5 / Option 5	EMI / I / F / M / EF / EBm	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Unidade Curricular do Bloco Livre / Unrestricted Elective	QAC	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	1	
Dissertação / Dissertation	EEC / EMI	Semestre 2/Semester2	840	OT-30;	30		

(7 Items)

Mapa III - Sistemas de Aviónica - 1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 1, 3 e 4 - 1st and 2nd year - Option Group 1, 3 and 4

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Sistemas de Aviónica

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Avionic Systems

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 1, 3 e 4 - 1st and 2nd year - Option Group 1, 3 and 4

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	Opcional	Observações / Observations
Aplicações de Sinais / Signal Applications	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1	
Sistemas de Decisão / Decision Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1	

Controlo em Sistemas Ciber-Físicos / Cyber-Physical Control Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Controlo por Retroação de Estado / State Feedback Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Controlo Inteligente / Intelligent Control	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Tecnologia de Controlo / Control Technology	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Eletrónica de Rádio Frequência / Radio-Frequency Electronics	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Redes Aéreas e Serviços / Aerial Networks and Services	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Técnicas Avançadas para Comunicações Aeroespaciais / Advanced Techniques for Aerospace Communications	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Eletrónica para Micro-Sistemas / Electronics for Micro-Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Circuitos e Sistemas para Rádio-Frequência / Circuits and Systems for Radio-Frequency	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Supercondutividade Aplicada a Sistemas de Energia Elétrica / Applied Superconductivity for Electrical Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Falhas em Sistemas Elétricos / Electrical Systems Faults	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Sensoriais / Sensorial Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Conceção de Sistemas Digitais / Digital Systems Design	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Co-Design e Sistemas Reconfiguráveis / Co-design and Reconfigurable Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Telerobótica e Sistemas Autónomos / Robotics and Autonomous Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Supervisão Inteligente / Intelligent Supervision	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Distribuídos de Manufatura / Distributed Manufacturing Systems	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas Robóticos e CIM / Robotic Systems and CIM	EEC	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL-28;	6	1
Análise de Desempenho em Sistemas de Telecomunicações / Performance Analysis in Telecommunications Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1
Sistemas de Geoposicionamento Baseados em Satélites / Satellite based Geolocalisation Systems	EEC	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL-28;	6	1

(22 Items)

Mapa III - Sistemas de Aviónica - 1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 2 e 6 / 1st and 2nd year - Option Group 2 and 6

4.3.1. Ramos, variantes, áreas de especialização, especialidades ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)*:

Sistemas de Aviónica

4.3.1. Branches, variants, specialization areas, specialties or other forms of organization (if applicable)*

Avionic Systems

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º e 2.º ano - Grupo de Opções 2 e 6 / 1st and 2nd year - Option Group 2 and 6

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	Opcional	Observações / Observations
Aerodinâmica / Aerodynamics	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	1	Se o estudante, na opção 2, escolher uma UC da área científica EMI, terá de escolher, na opção 6, uma UC
Sistemas de Propulsão / Propulsion Systems	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	1	

Produção e Manutenção Aeronáutica / Aeronautical Production and Aircraft Maintenance	EMI	Semestre 2/Semester2	168	TP-28; PL- 28;	6	1	das outras áreas científicas (I / M / F / EF / EBm). Se o estudante, na opção 2, escolher uma UC das áreas científicas I / M / F / EF / EBm, terá de escolher, na opção 6, uma UC da área científica EMI.
Gestão de Projetos / Project Management	EMI	Semestre 1/Semester1	168	TP-28; PL- 28;	6	1	
Fundamentos de Economia e Finanças / Fundamentals of Economy and Financials	EMI	Semestre 2/Semester2	168	T-28; PL-28;	6	1	
Sistemas para Processamento de Big Data / Systems for Big Data Processing	I	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1	
Programação Avançada para Ciência e Engenharia de Dados / Advanced Programming for Data Science and Engineering	I	Semestre 2/Semester2	168	T-28; PL-28;	6	1	
Introdução à Investigação Operacional / Introduction to Operations Research	M	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1	
Fundamentos e Tecnologia para Gases Rarefeitos / Fundamentals and Technology for Rarefied Gases	EF	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1	
Aspetos Ambientais e Monitorização de Saúde / Environmental Aspects and Health Monitoring	EBm	Semestre 1/Semester1	168	T-28; PL-28;	6	1	
Tecnologia de Superfícies e Interfaces / Technology of Surfaces and Interfaces	F	Semestre 2/Semester2	84	PL-28;	3	1	
Radiação no Espaço e nos Planetas / Space and Planets Radiation	F	Semestre 1/Semester1	168	TP-56;	6	1	
(12 Items)							

4.4. Unidades Curriculares

Mapa IV - Modelação e Controlo de Veículos Aeroespaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Modelação e Controlo de Veículos Aeroespaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Modeling and Control of Aerospace Vehicles

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Bruno João Nogueira Guerreiro - 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):

Nesta unidade curricular (UC) pretende-se que os alunos fiquem com uma visão global das várias tipologias de veículos aeroespaciais e dos principais métodos de modelação e controlo utilizados, compreendendo as suas potencialidades, mas também as suas limitações. Em simultâneo, pretende-se que tenham também uma primeira experiência de desenho e implementação de estratégias de controlo concretas para este tipo de veículos. Neste sentido, os objetivos de aprendizagem que se esperam nesta unidade curricular são os seguintes:

- OA1. Analisar e modelar sistemas em espaço de estado;*
- OA2. Analisar e modelar vários tipos de veículos aeroespaciais;*
- OA3. Compreender e desenhar controladores lineares para veículos aeroespaciais;*
- OA4. Desenvolver soluções de controlo concretas para veículos aeroespaciais.*

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

In this curricular unit the students will have a broad perspective of the various types of aerospace vehicles and the main modeling and control methods used for these vehicles, understanding their potential but also their limitations. Simultaneously, the students will have a first experience of designing and implementing concrete control strategies for this type of vehicle.

To this end, the intended learning outcomes for this curricular unit are the following:

- OA1. Analyze and model systems in a state-space formulation;*
- OA2. Analyze and model various types of aerospace vehicles;*
- OA3. Understand and design linear controllers for aerospace vehicles;*
- OA4. Develop concrete control solutions for aerospace vehicles.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

M1. Introdução:

- Motivação;*
- Classificação e componentes de veículos aeroespaciais;*
- Aplicações.*

M2. Modelação em espaço de estado:

- Espaço de estado linear e não linear;*
- Pontos de equilíbrio, linearização e estabilidade;*
- Solução da equação de estado;*
- Formas canónicas, transformações e realizações mínimas;*
- Modelos em espaço de estados discretos e métodos de discretização.*

M3. Modelação de veículos aeroespaciais:

- Principais referenciais e convenções;*
- Cinemática de translação e de rotação;*
- Representações de atitude;*
- Dinâmica de corpo rígido;*
- Exemplos de modelos de aeronaves e de veículos espaciais.*

M4. Controlo linear em espaço de estado:

- Controlabilidade e observabilidade;*
- Projeto por colocação de polos e seguimento de referências;*
- Regulador linear quadrático;*
- Filtro de Kalman, princípio da separação e problema linear quadrático gaussiano;*
- Exemplos de controladores para veículos aeroespaciais.*

4.4.5. Syllabus:

M1. Introduction:

- Motivation;*
- Classification and components of aerospace vehicles;*
- Applications.*

M2. State space modeling:

- Linear and non-linear state-space formulation;*
- Equilibrium points, linearization, and stability;*
- Solution of the state equation;*
- Canonical forms, transformations and minimal realizations;*
- Discrete state-space models and discretization methods.*

M3. Modeling aerospace vehicles:

- Main reference frames and conventions;*
- Translation and attitude kinematics;*
- Representations of attitude;*
- Rigid body dynamics;*
- Examples of aircraft and space vehicle models.*

M4. Linear control in state-space:

- Controllability and observability;*
- Pole placement design and reference tracking;*
- Linear quadratic regulator;*

- Kalman filter, separation principle and linear quadratic Gaussian problem;
- Examples of controllers for aerospace vehicles.

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular abordam os objetivos de aprendizagem OA1 a OA3, nomeadamente, introduzindo a análise e modelação em espaço de estado, modelando vários tipos de veículos aeroespaciais, e desenhando controladores lineares para este tipo de veículos. Relativamente ao objetivo de aprendizagem OA4, este está presente em todos os módulos dos conteúdos, sendo abordado de forma mais direta nas metodologias de ensino e avaliação, estando a formação suportada num conjunto de exemplos realistas na área de sistemas e controlo de veículos aeroespaciais.

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

The syllabus of this curricular unit addresses learning outcomes OA1 to OA3, namely, introducing the state-space analysis and modeling, studying the models of several aerospace vehicles, and designing linear controllers for these vehicles. In addition, the learning outcome OA4 will be present in every unit of the syllabus, noting that the teaching and assessment methodologies address this learning outcome more directly, while also using a set of realistic examples in the area of systems and control of unmanned aircraft.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina está organizada em aulas teórico-práticas, onde são introduzidos os conceitos e aplicados em casos concretos de um ponto de vista analítico, e aulas práticas, direcionadas para o desenvolvimento das técnicas abordadas, tendo em vista o seu teste experimental a consequente análise dos resultados.

Esta unidade irá funcionar em modo Blended-Learning com sala de aula invertida, onde a introdução dos conteúdos é feita de forma assíncrona com recurso ao Moodle, enquanto as aulas presenciais são usadas para a consolidação de conteúdos, esclarecimento de dúvidas e resolução de problemas mais complexos. O uso de técnicas de aprendizagem ativa será também fomentado.

A nota final é calculada como $F = 0,5 \cdot T + 0,1 \cdot OL + 0,4 \cdot P$, onde T diz respeito a dois testes a realizar ao longo do semestre, OL a ferramentas de avaliação online, e P à componente prática, onde serão efetuados 3 trabalhos de laboratório. Em alternativa às componentes T e OL , haverá um exame de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is organized in theoretical-practical classes, where concepts are introduced and applied in concrete cases from an analytical point of view, and practical classes, directed to the development of the techniques addressed in the theoretical classes applied to concrete cases, with the goal to obtain experimental results and their analysis.

This unit will work in Blended-Learning mode with flipped classroom, where new content is introduced asynchronously using Moodle, while face-to-face classes are used for consolidating content, addressing students' questions, and solving more complex problems. The use of active learning techniques will also be encouraged.

The final grade is calculated as $F = 0.5 \cdot T + 0.1 \cdot OL + 0.4 \cdot P$, where T refers to two tests to be taken during the semester, OL to online assessment tools, and P to practical component, where 3 laboratory assignments will be carried out. As an alternative to the T and OL components, there will be an appeal exam.

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

A divisão entre aulas teórico-práticas e aulas laboratoriais pretende responder de forma direta, não só a todos os objetivos propostos em termos de conteúdos (OA1 a OA3), mas também levar os alunos a dimensões de conhecimento mais avançadas, em particular, abordando o objetivo de aprendizagem OA4 através da realização de trabalhos laboratoriais assentes em problemas concretos. Por outro lado, as metodologias de ensino e a respetiva avaliação, com especial destaque para o modelo Blended Learning, sala de aula invertida e o uso de métodos de aprendizagem ativa, fomentam a autonomia dos alunos tanto no estudo de matérias novas, como na obtenção de soluções de engenharia para os problemas em mãos.

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

The division into theoretical and laboratory classes aims to respond directly, not only to all the objectives proposed in terms of contents (OA1 to OA3), but also to bring students to higher dimensions of knowledge, in particular, addressing the learning outcome OA4 by carrying out laboratory work based on concrete problems. On the other hand, the teaching and assessment methodologies, namely the use of the Blended Learning model, flipped classroom, and active learning techniques, will foster the students' autonomy both for the study of new subjects and for obtaining engineering solutions for the problems at hand.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- K. Åström and Richard M. Murray. *Feedback systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2nd Ed., Princeton university press, 2021. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691193984/feedback-systems>
- A. Tewari. *Advanced control of aircraft, spacecraft and rockets*. John Wiley & Sons, 2011.
- J. P. Hespanha, *Linear Systems*, 2nd Ed., Princeton University Press, 2018
- J. M. Lemos, *Controlo no Espaço de Estados*, IST Press, 2019.

Mapa IV - Sistemas de Propulsão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas de Propulsão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Propulsion Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-56

4.4.1.6. Créditos 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):

Catarina Isabel Silva Vidal - TP: 28

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

José Fernando de Almeida Dias - TP: 28

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 o mecanismo de geração da força propulsiva utilizada pelos motores aeronáuticos (MA);
ser capaz de analisar o ciclo termodinâmico de funcionamento dos principais tipos de MA (estatorreatores, turboreatores, turboreatores de duplo fluxo, turbobhélices e turbinas de gás);
conhecer os principais componentes dos MA (entrada de ar, compressor, câmara de combustão, turbina, tubeira), e compreender a sua influência no desempenho global do motor;
conhecer os principais parâmetros que afetam o desempenho dos principais componentes dos MA, e os fatores físicos que limitam o seu funcionamento;
ser capaz de efetuar o anteprojecto simplificado dos principais componentes dos MA, de forma a garantir um nível adequado de eficiência;
compreender como os vários componentes dos MA interagem entre si durante o funcionamento, assim como reagem em regime transiente.

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 allowing:
• understand the mechanism for generating the propulsive force used by atmospheric aero engines;
• be able to analyse the thermodynamic operating cycle of the main types of atmospheric aeroengines (statorjets, turbojets, dual flow turbojets, turboprops and gas turbines);
• know the main aeroengine components (air inlet, compressor, combustion chamber, turbine, nozzle), and understand their influence on overall engine performance;
• know the main parameters affecting the performance of the main aeroengine components, and the physical factors limiting their operation;
• be able to perform a simplified pre-project of the main aeroengine components, in order to guarantee an adequate level of efficiency;
• understand how the various aeroengine components interact with each other during operation, as well as reacting in transient regime.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Cálculo da força propulsiva. Análise dos ciclos teóricos e reais dos principais tipos de motores aeronáuticos. Tubeiras. Câmaras de combustão. Equações de Euler das Turbomáquinas e análise dimensional. Correlação de Howell e de Lieblein. Correlação de Ainley-Matthieson e de Soderberg. Critério de Zweifel. Triângulos de velocidade. Compressores axiais, multicelulares e centrífugos. Projeto de um compressor axial subsónico.

Turbinas axiais. Teoria simplificada de Rankine-Froude. Teoria dos Elementos de Perfil Alar. Teoria da Linha Sustentadora. Introdução aos motores de explosão. Sistemas de carburadores, injeção e ignição. Introdução aos Motores de Foguete. Parâmetros de funcionamento destes motores. Estudo dos processos na câmara de combustão e tubeira. Transferência de calor numa tubeira. Condução transiente de calor na parede da tubeira. Propergóis utilizados em foguetes químicos de combustível líquido. Sistemas de injeção de combustível.

4.4.5. Syllabus:

Propulsive force calculation. Analysis of theoretical and real cycles of the main aeroengine types. Nozzles. Combustion chambers. Euler equations for turbomachinery and dimensional analysis. Howell and Lieblein correlation. Ainley-Matthieson and Soderberg correlation. Zweifel criterion. Velocity triangles. Axial, multistage and centrifugal compressors. Design of a subsonic axial compressor. Axial turbines. Simplified Rankine-Froude theory. Wing profile element theory. Sustaining Line Theory. Introduction to explosion engines. Carburetors, injection and ignition systems. Introduction to Rocket Engines. Parameters of operation of these engines. Study of processes in combustion chamber and nozzle. Heat transfer in a nozzle. Transient heat conduction in the nozzle wall. Propellants used in liquid fuel chemical rockets. Fuel injection systems.

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

Os conteúdos programáticos descritos cobrem a teoria fundamental dos principais motores aeronáuticos, começando com a análise do ciclo termodinâmico global e terminando na análise detalhada dos principais componentes destes motores, conduzindo ao projeto preliminar de motores completos.

O formato da disciplina visa a aquisição, por parte dos alunos, de competências nos tópicos referidos, através da exposição dos conceitos teóricos e da análise e resolução de problemas sobre os conceitos lecionados.

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

The course contents cover the fundamental theory of the main aeroengines, starting with the analysis of the global thermodynamic cycle and ending with the detailed analysis of the main components of these engines, leading to the preliminary design of complete engines.

The course format aims at the acquisition, by the students, of competences in the referred topics, through the exposition of the theoretical concepts and the analysis and resolution of problems about the lectured concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas (4 h/semana).

Dois testes e um trabalho com relatório e apresentação pública.

UC com frequência.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (4 h/week).

Two tests and an assignment with report and public presentation.

UC with attendance.

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes adquirem e aprofundam o conjunto de conhecimentos proposto. Os problemas e casos de estudo propostos cobrem a matéria dada, exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos teóricos, exercitando a sua utilização nos diferentes sistemas de propulsão aeronáuticos.

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

In theoretical-practical classes, students acquire and deepen the proposed knowledge set. The proposed problems and case studies cover the given subject matter, requiring students to understand the theoretical concepts, exercising its use in the different aircraft propulsion systems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Gas Turbine Theory, (7th edition): G. F. C. Rogers, H. Cohen, P. Straznicky, H. I. H. Saravanamuttoo e A. Nix 2017 Pearson*
- *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, (2nd edition): Philip G. Hill e Carl R. Peterson 2009 Pearson*
- *Aircraft Engines and Gas Turbines, (2nd edition): Jack L. Kerrebrock 1992 MIT Press*
- *Elements of Gas Turbine Propulsion: Jack D. Mattingly 2005 Amer Inst of Aeronautics &*
- *Fundamentals of Gas Turbines, (2nd edition): William W. Bathie 1996 John Wiley & Sons, Inc.*

Mapa IV - Aerodinâmica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aerodinâmica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aerodynamics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-56

4.4.1.6. Créditos 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 Paixão Conde; 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 fundamental da UC é fornecer aos alunos os conhecimentos fundamentais de escoamentos incompressíveis e compressíveis, assim como os conceitos físicos dos escoamentos viscosos. O aluno deverá conhecer e estar familiarizado com o escoamento em torno de aerofólios e asas e com o cálculo da sustentação, arrasto e momentos.

No final desta UC o aluno deverá ser capaz de analisar os efeitos da aerodinâmica no desempenho, dinâmica, estabilidade e controlo das aeronaves.

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

The fundamental aim of the UC is to provide students with the fundamental knowledge of incompressible and compressible flows, as well as the physical concepts of viscous flows. The student should know and be familiarized with the flow around airfoils and wings and with the calculation of lift, drag and moments.

At the end of this course, the student should be able to analyse the effects of aerodynamics on aircraft performance, dynamics, stability and control.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) Equações fundamentais*
- 2) Escoamento compressível*
 - Relações termodinâmicas*
 - Variações da área de passagem*
 - Choking*
 - Onda de choque normal*
 - Escoamento supersónico: cone de Mach, onda oblíqua e de Prandtl-Meyer*
- 3) Camada limite, separação, cálculo atrito e arrasto de pressão*
 - Teoria de Prandtl*
 - Escoamento viscoso: Re corpos fuselados e rombos*
 - C.L. sobre placa plana: análise von Kármán.*
 - Equações diferenciais de C.L: s. de Blasius laminar)*
 - Separação: gradiente de pressão*
 - Corpos imersos em escoamentos*
- 4) Escoamento potencial*
 - Função corrente e potencial*
 - Definição de circulação*
 - Sobreposição de escoamentos*
 - Paradoxo D'Alembert*
 - Efeito de Magnus*
 - Teorema de Kutta Joukowski*
- 5) Teoria do aerofólio*

- de Joukowsky
- aerofólio fino
- 6) Propriedades do ar
- 7) Características aerodinâmicas das asas
 - Asa tridimensional
 - Forças e momento
 - Distribuição de sustentação
 - Arrasto
 - Cargas gerais
 - Arrasto mínimo induzido
- 8) Desempenho, dinâmica, estabilidade e controle do avião

4.4.5. Syllabus:

- 1) Governing equations
- 2) Compressible flow
Thermodynamic relations; Variations in the crossing area; Choking; Normal shock wave; - 2-dimensional supersonic flow: Mach cone, oblique shock wave, Prandtl-Meyer expansion waves
- 3) B.L. flow separation and calculation of friction and pressure drag
Prandtl's Theory; Viscous flow: Re and fuselated and rhombus bodies; B.L on flat plate: von Kármán; B.L. differential equations: Blasius; Flow separation: pressure gradient; Bodies immersed in flows
- 4) Potential flow
 - Definition of current and potential function
 - Basic potential flows
 - Definition of circulation
 - Superposition of potential flows
 - D'Alembert Paradox
 - Magnus Effect
 - Kutta Joukowski's
- 5) Airfoil theory
 - Joukowski's
 - Fine airfoil
- 6) Properties of air
- 7) Aerodynamic characteristics of the wings
 - Flow over a 3-dimensional wing
 - Forces and momentum
 - Distribution of lift
 - drag
 - General loads
 - Induced minimal drag wing
- 8) Airplane performance, dynamics, stability and control

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

Os conceitos de camada limite e de escoamento compressível são essenciais para a compreensão dos escoamentos potenciais e teoria do aerofólio e desta forma imprescindíveis para que o aluno atinja os objetivos da Unidade Curricular.

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

The concepts of boundary layer and compressible flow are essential to the understanding of potential flows and airfoil theory and thus essential for the student to achieve the objectives of the Unit.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas.

Dois testes (85%) e um trabalho laboratorial (com 15% na ponderação na classificação final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes.

Two tests (85%) and a laboratory work (with 15% weighting in the final mark).

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes adquirem e aprofundam o conjunto de conhecimentos proposto. A resolução de problemas é centrada na aplicação dos conceitos de modo que os alunos colaborem ativamente na resolução dos mesmos.

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

In theoretical-practical classes, students acquire and deepen the proposed knowledge set. Problem solving is focused on the application of the concepts so that students cooperate actively in solving them.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H., *Fundamentals of Fluid Mechanics*, John Wiley and Sons Inc, 3rd, 4th, 5th or 6th Edition.
- Brederode, V. de, “ *Fundamentos de Aerodinâmica Incompressível* (2014) IDMEC, IST, Lisboa.
- APA. ANDERSON. (2016). *Fundamentals of aerodynamics* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Mapa IV - Dinâmica Orbital

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dinâmica Orbital

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Orbital Dynamics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-42 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 Paulo Santos - TP: 42

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

António Paiva – PL: 28

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos e competências que permita identificar, formular e resolver problemas básicos de engenharia associados com o voo espacial.

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 knowledge and skills that allow him to identify, formulate and solve basic engineering problems associated with space flight.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Dinâmica de massas pontuais*
- *O problema dos dois corpos*
- *Posição orbital em duas e três dimensões*
- *Determinação de órbitas*
- *Movimento relativo e “rendez-vous”*
- *Trajetórias interplanetárias*
- *Introdução às perturbações orbitais*
- *Dinâmica do corpo rígido*
- *Dinâmica das naves espaciais*

4.4.5. Syllabus:

- *Dynamics of point masses*
- *The two-body-problem*
- *Orbital Position in two and three dimensions*

- Orbit determination
- Relative motion and rendezvous
- Interplanetary trajectories
- Introduction to orbital perturbations
- Rigid body dynamics
- Spacecraft dynamics

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

Esta UC abrange os fundamentos da dinâmica orbital, concentrando-se nos problemas de valor inicial e valor limite orbital de dois corpos com aplicações para navegação de veículos espaciais e orientação para missões lunares e planetárias.

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

This UC covers the fundamentals of orbital dynamics, focusing on initial value and orbital limit value problems of two bodies with applications for space vehicle navigation and guidance for lunar and planetary missions.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina está dividida numa componente teórica e numa componente prática de problemas.

As aulas teóricas decorrem em 2 sessões semanais de 1,5h e incluem discussão e resolução no âmbito de uma avaliação contínua.

Nas aulas práticas são discutidos e resolvidos problemas com o objetivo de acompanhar os assuntos lecionados nas aulas teóricas e de desenvolver competências na formulação de problemas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is divided into lectures and a practical component of problems.

The theoretical lectures take place in two weekly sessions of 1.5 hours each, which include discussion of problems.

In the practical classes are discussed and resolved problems with the objective of monitoring the subjects taught in the lectures and to develop skills in problem formulation.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, que incluem a discussão de problemas. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas teóricas é testado por meio de questionários sobre a matéria dada na própria aula e nas horas de atendimento. As componentes práticas necessárias para atingir e sedimentar os objetivos de aprendizagem são lecionadas nas aulas de problemas, através da resolução e discussão de problemas representativos. A frequência obrigatória das aulas laboratoriais pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria.

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

The theoretical components needed to achieve the learning objectives are taught in lectures, which include discussion of problems. The acquisition of knowledge is assessed in written tests (tests / exams). The monitoring of students in lectures is tested through questionnaires given on the matter in the classes.

The practical components necessary to achieve and consolidate the learning objectives are taught in classes of problems by solving problems and discussing representative. The mandatory frequency of these classes aims to ensure that students follow the subjects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Orbital Mechanics for Engineering Students*, 3rd ed.: H. D. Curtis 2014 Butterworth-Heinemann
- *An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics*. Revised ed. Reston, VA: AIAA, 1999
- *Spaceflight Dynamics*, 3rd ed: W. E. Wiesel 1997 McGraw-Hill

Mapa IV - Engenharia Aeroespacial e Sustentabilidade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia Aeroespacial e Sustentabilidade

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aerospace Engineering and Sustainability

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EA

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira - TP: 24

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

João Miguel Dias Joanaz de Melo - TP: 4

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

- Compreender as diferentes vertentes do sector aeroespacial, em particular da aviação, principalmente no que respeita à sua relação com o ambiente, mas integrando também outros aspetos (economia, sociedade e governança).
- Fundamentos sobre alterações climáticas e uso de recursos.
- Perspetiva geral da análise de ciclo de vida associado à indústria aeroespacial.
- Impacte da aviação com ênfase no que respeita ao clima, ordenamento do território, qualidade do ar, ruído e uso de materiais.
- Regulação ambiental e na área da sustentabilidade às escalas nacional, europeia e internacional, incluindo regime de comércio de emissões e compensação de emissões.
- Medidas de mitigação climática na aviação (eficiência de desenho e materiais, baterias, biocombustíveis, combustíveis sintéticos) e ambiental (materiais, redução de ruído, emissões de gases, gestão de tráfego aéreo, localização de infraestruturas).
- Perspetiva ambiental sobre o recurso a drones, satélites e viagens espaciais.

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

- Understand the different aspects of the aerospace sector, in particular aviation, mainly with regard to its relationship with the environment, but also integrating other aspects (economy, society and governance).
- Fundamentals of climate change and resource use.
- Overview of life cycle analysis associated with the aerospace industry.
- Impact of aviation with emphasis on climate, land use planning, air quality, noise and use of materials.
- Environmental regulation and in the area of sustainability at national, European and international scales, including emissions trading and emissions offsetting.
- Climate mitigation measures in aviation (design efficiency and materials, batteries, biofuels, synthetic fuels) and environmental (materials, noise reduction, gas emissions, air traffic management, infrastructure location).
- Environmental perspective on the use of drones, satellites and space travel.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução e enquadramento sobre o conceito de sustentabilidade
- Noções gerais sobre os domínios ambientais
- Alterações climáticas – mitigação e adaptação
- Avaliação ambiental estratégica e avaliação de impacte ambiental
- Impactes específicos do setor aeroespacial no clima, qualidade do ar, ruído, uso de recursos e ordenamento do território.
- Análise de ciclo de vida dos materiais associados à indústria aeroespacial.
- Aspetos regulatórios ambientais relacionados com a aviação
- Boas práticas e medidas de mitigação dos impactes da aviação nos diversos domínios
- Perspetiva ambiental integrada sobre o recurso a drones, satélites e viagens espaciais.

4.4.5. Syllabus:

- Introduction on the concept of sustainability
- General knowledge about environmental domains
- Climate change - mitigation and adaptation
- Strategic environmental assessment and environmental impact assessment
- Specific impacts of the aerospace sector on climate, air quality, noise, use of resources and land use planning.
- Life-cycle analysis of the materials associated with the aerospace industry

- *Environmental regulatory aspects related to aviation*
- *Good practices and measures to mitigate aviation impacts in the various domains*
- *Integrated environmental perspective on the use of drones, satellites and space travel.*

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

1. *Compreensão: são cobertas as diversas vertentes conceptuais relacionadas com a sustentabilidade das atividades de engenharia aeroespacial, as alterações climáticas, ciclo de vida de materiais, qualidade do ar, ruído, impactes na saúde, e medidas de controlo e mitigação.*
2. *Treino de técnicas: as aulas e trabalhos aplicam técnicas de análise e aplicação dos conceitos, em estreita interligação com o enquadramento teórico.*
3. *Resolução de problemas: os trabalhos práticos e respetiva avaliação simulam tarefas reais na área da sustentabilidade em processos de determinação e avaliação de dados, indicadores e impactes.*
4. *Apoio à decisão: um conjunto de interações entre os docentes e os estudantes desenvolve a capacidade crítica para se pronunciarem sobre políticas internacionais, europeias e nacionais em casos de estudo nas áreas da sustentabilidade relacionadas com a engenharia aeroespacial.*

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

1. *Understanding: the various conceptual aspects related to the sustainability of aerospace engineering activities, climate change, life cycle analysis of materials, air quality, noise, health impacts, and control and mitigation measures are covered.*
2. *Techniques training: classes and assignments apply techniques of analysis and application of concepts, in close connection with the theoretical framework.*
3. *Problem solving: practical works and respective evaluation simulate real tasks in the area of sustainability in processes of determination and evaluation of data, indicators and impacts.*
4. *Decision support: a set of interactions between teachers and students develops the critical capacity to comment on international, European and national policies in case studies in the areas of sustainability related to aerospace engineering.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O método de ensino é suportado em aulas teórico-práticas. O método de ensino é orientado para: a) capacidade individual e/ou de grupo para produzir, desenvolver ou utilizar os conhecimentos e técnicas estudadas; b) capacidade de argumentação e raciocínio coerente na exposição de temas estudados individualmente ou em grupo.

As horas não presenciais são orientadas em regime tutorial com recurso ao sistema e-learning.

A docência será inspirada com o recurso ao uso de telemóveis para determinadas medições, a disponibilização de informação de sensores, e bases de dados na área de disciplina

A avaliação da disciplina é feita mediante dois testes (25% de ponderação de cada um na nota final) e um conjunto de trabalhos em grupo (representando 50% da nota final). É necessário que a média dos testes e a média dos trabalhos sejam, em ambos os casos, iguais ou superiores a 9,5 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching method is supported by lectures and practical classes. The teaching methods are mainly conducted to support several aspects: a) individual/group technical and scientific skills; b) debate skills and coherent analysis in the interpretation of the studied subjects. Classes are complemented with a tutorial system, using e-learning tools.

Teaching will be inspired by the practical use monitoring information collected through mobile phones, sensors availability, and available databases.

The course evaluation is performed through two tests (25% weighting of each towards the final grade) and several group assignment works (weighting 50% of the final grade). It is necessary that the average of the tests and the average of assignments is in both cases equal to or higher than 9.5.

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

Os objetivos de aprendizagem incluem o aprofundamento de conhecimentos gerais e específicos sobre os domínios abrangidos no quadro da avaliação da sustentabilidade do setor aeroespacial e dos seus impactes ambientais, sociais e económicos. Questões pertinentes como a relação do setor da aviação com as alterações climáticas e análise de ciclo de vida merecerão a aplicação de técnicas específicas de exploração de dados para compreensão e análise dos mesmos, numa perspetiva integrada e de dinâmica de processos. Os estudantes são igualmente conduzidos ao desenvolvimento de soluções para problemas práticos, de forma clara, fundamentada e concisa. Estes objetivos são conseguidos com métodos de ensino interativos, incluindo discussões, trabalhos escritos e debates, sempre baseados em tarefas sobre casos de estudo com dados reais.

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

The learning objectives include the deepening of general and specific knowledge about the areas covered in the framework of the sustainability assessment of the aerospace sector and its environmental, social and economic impacts. Relevant issues such as the relationship of the aviation sector with climate change and life cycle analysis will benefit from the application of specific data assessment techniques to understand and analyze them, in an integrated and dynamic perspective. Students are driven to develop solutions to practical problems in a clear, reasoned and concise manner. These objectives are achieved with interactive teaching methods, including discussions, written assignments and debates, always task-based on case studies with real data.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Behar, A., M. Chasin, M. Cheesman, 1999. *Noise Control – A Primer*, Singular Press, 131 pp.
- Bies, D.A. and C.H. Hansen, 2003. *Engineering Noise Control: Theory and Practice*, Third Edition, Taylor & Francis, 736 pp.
- Miller, G.T. and Spoolman S., 2020. *Living in the Environment*, 20th Edition, Cengage
- Vallero, D.A., 2008. *Fundamentals of Air Pollution*, 4th edition, Elsevier Inc., San Diego.

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-45

4.4.1.6. Créditos 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):

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

- *Desenvolver ideias inovadoras e tecnológicas a partir da identificação de necessidades / problemas / oportunidades*
- *Compreender os desafios técnicos e organizacionais do desenvolvimento da passagem de uma ideia para um projeto empreendedor (proposta de valor, mercado, gestão da equipa, financiamento...)*
- *Comunicar a ideia para convencer stakeholders (Elevator-pitch e Relatório do Plano de Negócios)*

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

At the end of this course, students should have developed an entrepreneurial spirit, a teamwork attitude and be able to:

- *Develop innovative and technological ideas from the identification of needs / problems / opportunities*
- *Understand the technical and organizational challenges of the development of the transition from an idea to an entrepreneurial project (value proposition, market, team management, financing ...)*
- *Communicate the idea to convince stakeholders (Elevator-pitch and Business Plan Report)*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. O começo: necessidades, oportunidades e desafios;*
- 2. Definição da ideia e desenvolvimento da solução;*
- 3. Proposta de Valor e Modelo de Negócio;*
- 4. Análise Mercado e Plano de Marketing;*
- 5. Elevator-pitch;*

6. Estudo dos Fluxos Financeiro;
7. Plano de desenvolvimento;
8. Implementação e financiamento.

4.4.5. Syllabus:

1. Needs, opportunities and challenges;
2. Definition of the idea and solution;
3. Value Proposition and Business Model;
4. Market Analysis and Plan;
5. Elevator-pitch;
6. Financial Flows;
7. Development plan;
8. Implementation.

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 aluno ao empreendedorismo e à percepção 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):

O programa está organizado em sessões de 3 horas, num total de 48 horas de contacto, e exigindo um esforço global da ordem 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).

Assente nos princípios da multidisciplinaridade, as aulas integrarão alunos 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 nos domínios da engenharia, da ciência, da gestão e dos negócios.

A avaliação compreende a apresentação e defesa da ideia num elevator pitch, do respetivo relatório, e de um vídeo de 1 min sobre o produto desenvolvido (realizado em grupo de 4-5 elementos). A apresentação contribuirá com 45%, o relatório com 40% e o vídeo com 15% para a nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The program is organized in sessions of 3 hours, in a total of 48 hours of contact, and requiring a global effort of the order of 3 ECTS.

The on-site classes are based on the exposure of the contents of the program. Students will be asked to apply the acquired skills through the creation and development of an idea (product or business).

Based on the principles of multidisciplinary, classes will integrate students from diverse courses to promote the integration of knowledge derived from various scientific areas and will involve teachers and "mentors" with diverse backgrounds in the fields of engineering, science, management and business .

The evaluation includes presentation and defense of the idea in an elevator pitch, a report and a 1-minute video about the product (carried out in a group of 4-5 elements). The presentation will contribute 50%, the report with 40% and the video 15% for the final grade.

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

Considerando o tempo disponível (3 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 alunos deverão constituir e organizar as suas equipas para poderem definir o problema que se pretende resolver. Ainda na 1ª semana, os temas apresentados permitirão que o aluno possa evoluir no seu projeto acrescentando opções de soluções ao problema identificado na semana anterior e proceder à seleção de uma delas. Na 2ª semana, a abordagem ao mercado e às condições de comercialização viabilizarão a concretização do plano de marketing. Também na 2ª 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 alunos 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 alunos nos trabalhos colocadas 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 (3 weeks), the teaching methodology praises that, in each week the subjects presented are discussed and worked (in groups), which had been defined in the learning objectives.

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. Also in the 1st 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 2nd week, the market related issues are approached, and the students are asked to build a marketing plan. Also in the 2nd 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 its presentation.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Livros:

Paul Burns, (2010), "Entrepreneurship and Small Business: Start-up, Growth and Maturity", Palgrave Macmillan, 3rd Ed.

Shriberg, A. & Shriberg (2010), "Practicing Leadership: Principles and Applications", John Wiley & Sons, 4th Ed., USA.

Spinelli, S. & Rob Adams (2012). "New Venture Creation: Entrepreneurship for the 21st Century". McGraw-Hill Higher Education; 9 Ed.

Thomas H. Byers, Richard C. Dorf, Andrew Nelson (2010) "Technology Ventures: From Idea to Enterprise", 3rd Ed., McGraw-Hill Higher Education

Serão disponibilizados aos estudantes material de apoio, como sejam, links, blogs, vídeos, sobre as várias matérias apresentadas.

Mapa IV - Sistemas de Telecomunicações Aeroespaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas de Telecomunicações Aeroespaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aerospace Telecommunication Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 da Costa Luís da Fonseca Pinto - TP:6; P:6

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

Rui Miguel Henriques Dias Morgado Dinis - TP:14; P:14

Luís Filipe Lourenço Bernardo - TP:8; P:8

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 do nível Rede para o estabelecimento de redes em malha.*
- *Conhecimento de algoritmos mais populares de encaminhamento*
- *Conhecimento de políticas de controlo de congestão usadas nos protocolos mais populares do nível Transporte.*
- *Abordagem de redes definidas por software.*
- *Capacidade de construção de partes do sistema.*
- *Conhecimento de os conceitos básicos de modulação digitais, incluindo as estruturas de emissor e receptor, e respectiva análise de desempenho*
- *Conhecimento de conceitos de codificação de canal*

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:

- *Knowledge of the Network layer to build meshed networks*
- *Knowledge of the most popular routing algorithms.*
- *Knowledge of the congestion control algorithms used in the most popular Transport layer protocols.*
- *Highlights on Software Defined Networks.*
- *Ability to implement parts of the system.*
- *Knowledge of basic concepts behind digital modulations, including transmitter and receiver design, and corresponding performance evaluation*
- *Knowledge of channel coding concepts*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte I – Redes

- *O nível Rede*
- *Aspetos de Desenho*
- *Algoritmos de Encaminhamento*
- *Algoritmos de Controlo de Congestão*
- *Qualidade de Serviço*
- *O nível Transporte*
- *Elementos de protocolo de Transporte*
- *Controlo de Congestão*
- *Os protocolos de Transporte da Internet*
- *Redes Definidas por Software*

Parte II – Comunicação

- *Modulações digitais*
- *Caracterização dos sinais*
- *Emissor e recetor*
- *Análise de desempenho*
- *Eficiência espectral e de potência*
- *Códigos corretores de erros*
- *Conceitos básicos*
- *Códigos de blocos*
- *Códigos convolucionais*
- *Técnicas avançadas de codificação*

4.4.5. Syllabus:

Part I – Networking

- *The Network Layer*
- *Design issues*
- *Routing Algorithms*
- *Congestion Control Algorithms*
- *Quality of Service*
- *The Transport Layer*
- *Elements of Transport Protocol*
- *Congestion Control*
- *The Internet Transport Protocols*
- *Software Defined Networks*

Part II - Communication

- *Digital modulations*
- *Signal characterization*
- *Transmitter and receiver design*
- *Performance evaluation*

- Spectral and power efficiency
- Channel coding
- Basic concepts
- Block codes
- Convolutional codes
- Advanced coding schemes

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

A Unidade curricular serve para complementar os conhecimentos adquiridos na Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores nos aspetos mais relacionados com a problemática aeroespacial.

Na parte de redes são cobertas as bases de constituição das redes nos níveis que tratam do encaminhamento e do controlo de tráfego. Estas bases vão ser necessárias para depois se estudarem as redes móveis aéreas, serviços e aspetos relacionados como a segurança.

Na parte de comunicação são cobertos os conceitos básicos associados a modulações digitais e codificação de canal. Estes conceitos vão ser depois necessários para estudar as técnicas de transmissão usadas em comunicações aéreas.

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

The curricular unit complements the knowledge acquired in the Undergraduation of Electrical and Computer Engineering in the aspects most related to the aerospace problem.

In the networks part, the bases for the constitution of networks are covered at the levels that deal with traffic routing and control. These bases will be necessary to later study the aerial mobile networks, services, and related aspects such as security.

The basic concepts associated with digital modulations and channel coding are covered in the communication part. These concepts will later be necessary to study the transmission techniques used in aerial communications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular tem uma componente teórica de 2 horas/semana de aulas teórico-práticas e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos e técnicas básicas são explicados nas aulas teórico-práticas. Nas aulas práticas os alunos têm uma série de pequenos trabalhos na parte de Redes finalizando esta parte com um trabalho mais profundo. Na parte de Comunicação os alunos resolvem vários problemas aplicando as técnicas adquiridas nas aulas teóricas e também um trabalho prático onde se estudam exemplos das técnicas abordadas.

A avaliação consiste em 4 testes distribuídos ao longo do semestre ou, em alternativa, um exame. Além disso, os alunos fazem os dois trabalhos práticos (um de cada subcomponente). O peso da parte teórica é de 50% e cada trabalho prático tem 25% de peso na classificação final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit has a theoretical component of 2 hours/week of theoretic-practical classes and a practical component of 2 hours/week. Basic concepts and techniques are explained in theoretic-practical classes. Students have a series of small assignments in the Networking part in practical classes, ending this part with a final deeper assignment. In the Communication part, students solve several problems applying the techniques acquired in theoretical classes and a practical work where examples of the techniques covered are studied.

The assessment consists of 4 tests distributed throughout the semester or, alternatively, an exam. In addition, students do the two practical assignments (one from each subcomponent). The weight of the theoretical part is 50% and each practical assignment has 25% of weight in the final classification.

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes aprendem os conceitos básicos associados às diferentes áreas de estudo: O nível Rede e os algoritmos associados, o nível Transporte e a possibilidade de se definirem redes em software; as técnicas de transmissão digital que serão a base de sistemas mais completos em subsequentes unidades curriculares. Eles adquirem ferramentas para a respetiva avaliação de desempenho e análise do sinal.

Na parte prática os alunos constroem pequenas parcelas dos sistemas na parte de Redes para terem confiança em sistemas reais e dominarem a resolução de pequenos desafios e problemas. Na parte de comunicação, 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, pretende-se abordar os problemas e soluções para esses problemas nas aulas teórico-práticas fazendo com que os alunos construam partes da solução nas partes práticas ganhando confiança em sistemas usados na indústria.

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

In the theoretical-practical classes, students learn the basic concepts associated with the different areas of study: The Network level and associated algorithms; the Transport level and the possibility of defining networks in software; the digital transmission techniques that will be the basis of more complete systems in subsequent curricular units. They acquire tools for the respective performance evaluation and signal analysis.

In the practical part, students build small elements of the systems in the Networks part to have confidence in real systems and master the resolution of small challenges and problems. In the communication part, they solve problems by applying the knowledge acquired in the theoretical classes. In addition, they study concrete systems in order to understand the options adopted. The proposed exercises cover the given subject, requiring students to understand the concepts and analysis techniques involved, and exercising their use.

In this way, it is intended to address the problems and solutions to these problems in theoretical-practical classes, making students build elements of the solution in the practical part, gaining confidence in systems used in the industry.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. Wetherall, *Computer Networks, Sixth Edition, Pearson Education, 2021*
- S. Haykin, *Communication Systems, John Wiley, 2008.*

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 Carlos Palma Goes; 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):

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

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.

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

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.

4.4.5. 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):

Os conceitos e técnicas básicas de circuitos analógicos são explicados pelo professor nas aulas teóricas no quadro e com o auxílio de alguns diapositivos.

Nas aulas práticas e de laboratório os estudantes testam os seus conhecimentos de análise e projeto de circuitos analógicos através do dimensionamento autónomo e simulação elétrica de dois amplificadores com recurso ao MATCAD e ao simulador SPECTRE (CADENCE).

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.

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 efetuada 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 assignments (lasting for several classes) where, in the second and last lab assignment, 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 - Produção e Manutenção de Aeronaves

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Produção e Manutenção de Aeronaves

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aeronautical Production and Maintenance

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Tiago Alexandre Narciso da Silva - TP-14h; PL-14h

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

Telmo Jorge Gomes dos Santos - TP-8h; PL-8h

Miguel Araújo Machado - TP-6h; PL-6h

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:

- Conhecer os principais processos de fabrico (de moldação, deformação, subtrativos e aditivos) usados na indústria aeroespacial;
- Compreender a relação entre os processos de fabrico e seus parâmetros, as propriedades dos materiais processados e os defeitos típicos possíveis de ocorrer;
- Conhecer os principais métodos de Ensaio Não Destrutivos e sua aplicabilidade à indústria aeroespacial;
- Compreender as diversas filosofias e abordagens de manutenção;
- Conhecer a nomenclatura e a normalização aplicável à manutenção de aeronaves;
- Compreender os conceitos fundamentais da fiabilidade e da sua aplicação à manutenção preventiva de aeronaves;
- Ser capaz de implementar e aplicar técnicas de diagnóstico e correção de avarias.

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 allowing:

- Know the main manufacturing processes (moulding, deformation, subtractive and additive) used in the aerospace industry;
- Understand the relationship between the manufacturing processes and their parameters, the properties of the processed materials and the typical defects that may occur;
- Know the main Non-Destructive Testing (NDT) methods and their applicability to the aerospace industry;
- Understand the various maintenance philosophies and approaches;
- Know the nomenclature and standardization applicable to aircraft maintenance;
- Understand the fundamental concepts of reliability and its application to aircraft preventive maintenance;
- Be able to implement and apply techniques for diagnosis and correction of failures.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Parte 1 - Produção

- Materiais de Engenharia usados no fabrico aeronáutico;
- Processos de fabrico para a indústria aeroespacial: de moldação, deformação, subtrativos e aditivos;
- Defeitos de fabrico (localização, morfologia e dimensão) e seus efeitos;
- Métodos de Ensaio Não Destrutivos para inspeção e controlo de qualidade de componentes aeronáuticos.

Parte 2 – Manutenção

- Estratégias de manutenção;
- Normalização aplicável à manutenção de aeronaves;
- Conceitos fundamentais de manutenção preventiva condicionada;
- Manutenção centrada na fiabilidade e na análise de risco;
- Técnicas de diagnóstico e correção de avarias.

4.4.5. Syllabus:

Part 1 - Production

- Engineering materials used in aeronautical manufacturing;
- Manufacturing processes for the aerospace industry: moulding, deformation, subtractive and additive;
- Manufacturing defects (location, morphology and dimension) and the effects of defects;
- Non-Destructive Testing (NDT) methods for inspection and quality control of aeronautical components.

Part 2 - Maintenance

- Maintenance strategies;
- Standardisation applicable to aircraft maintenance;
- Fundamental concepts of conditioned preventive maintenance;
- Maintenance focused on reliability and risk analysis;
- Techniques of diagnosis and correction of failures.

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

Os conteúdos programáticos descritos cobrem, no conjunto das duas partes, os aspetos essenciais da produção, manutenção e fiabilidade de componentes da indústria aeroespacial.

O formato da disciplina visa a aquisição, por parte dos alunos, de competências nos tópicos referidos, através da exposição dos conceitos teóricos e da observação e implementação experimental em laboratório dos conceitos lecionados.

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

The course contents described cover, in both parts, the essential aspects of production, maintenance and reliability of aerospace components.

The course format aims at the acquisition, by the students, of competences in the referred topics, through the exposition of theoretical concepts and the observation and experimental implementation in laboratory of the taught concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teórico-práticas (2 h/semana) e aulas laboratoriais (2 h/semana).
Dois testes e um relatório de atividade laboratorial.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*Theoretical-practical classes (2 h/week) and laboratory classes (2 h/week).
Two tests and a report of laboratory activity.*

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes adquirem e aprofundam os conhecimentos proposto, do ponto de vista teórico, e dos fundamentos científicos e tecnológicos. Serão analisados diversos casos de estudo e serão propostos problemas práticos que cobrem os conteúdos programáticos, exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos teóricos, exercitando a sua utilização em diferentes contextos.

No decorrer das aulas laboratoriais os estudantes observam, executam experimentalmente, e desenvolvem a

capacidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em casos práticos concretos na:

- Medição de propriedades dos materiais de Engenharia;
- Aplicação de alguns processos de fabrico;
- Avaliação experimental do efeito dos parâmetros de fabrico;
- Análise de defeitos possíveis de ocorrer;
- Aplicação de técnicas de Ensaios Não Destrutivos (END): Líquidos Penetrantes, Radiografia digital, Ultrassons com e sem contacto, Correntes induzidas, Termografia ativa transiente, THz, etc.;
- Implementação de técnicas de diagnóstico de avarias com base processamento de sinais e parâmetros funcionais;
- Análise de fiabilidade e do risco.

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

In theoretical-practical classes, students acquire and deepen the proposed knowledge, from a theoretical, scientific and technological point of view. Several case studies will be analysed and practical problems covering the programmatic contents will be proposed, requiring students to understand the theoretical concepts, exercising its use in different contexts.

During the laboratory classes the students will observe, experimentally perform, and develop the ability to apply the acquired knowledge in concrete practical cases in:

- Measurement of Engineering materials properties;
- Application of some manufacturing processes;
- Experimental evaluation of the effect of manufacturing parameters;
- Analysis of possible defects;
- Application of Non-Destructive Testing (NDT) techniques: Liquid Penetrant, Digital Radiography, Ultrasound with and without contact, Eddy Currents, Transient active thermography, THz, etc.;
- Implementation of fault diagnosis techniques based on signal processing and functional parameters;
- Reliability and risk analysis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Metals Handbook, Volume, 17 - Non-destructive Evaluation and Quality Control, American Society of Materials (ASM);
- Charles J. Hellier, Handbook of Nondestructive Evaluation, MCGRAW-HILL;
- Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Prentice Hall;
- Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern manufacturing - Materials Processes and Systems, John Wiley & Sons;
- Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Processes for Engineering Materials, Prentice Hall;
- H. Ren, X. Chen, Y. Chen (2017). Reliability Based Aircraft Maintenance Optimization and Applications, Academic Press;
- R. Keith Mobley (2014). Maintenance Engineering Handbook, Eighth Edition, McGrawHill;
- P. Girdhar and C. Scheffer (2004). Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Newnes;
- Diversa documentação e slides das aulas teórico-práticas.

Mapa IV - Dinâmica de Voo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dinâmica de Voo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Flight Dynamics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

semestral / semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-56

4.4.1.6. Créditos 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):

Catarina Isabel Silva Vidal - TP: 28

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

Marta Isabel Pimenta Verdete da Silva Carvalho - TP: 28

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

O objetivo desta UC é introduzir as equações do movimento de uma aeronave e os conceitos básicos de estabilidade de voo. São deduzidos os modelos de estabilidade estática e dinâmica do avião, de forma a estudar o comportamento em vários regimes de voo, conhecendo as forças e momentos aplicados na asa, fuselagem e no estabilizador. Finalmente os problemas não lineares da dinâmica do voo são introduzidos. No final desta UC o aluno desenvolve aptidões e conhecimentos que lhe permitem modelar a dinâmica do voo e concluir sobre a sua estabilidade. A introdução aos efeitos não lineares permite ao aluno conhecer domínio de validade dos modelos introduzidos.

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

The objective of this course is to introduce the equations of motion of an aircraft and the basic concepts of flight stability. Static and dynamic stability models of the aircraft are deduced in order to study the behaviour in several flight regimes, knowing the forces and moments applied on the wing, fuselage and stabilizer. Finally, the nonlinear problems of flight dynamics are introduced. At the end of this CU the student develops skills and knowledge that allow him to model flight dynamics and conclude on its stability. The introduction to non-linear effects allows the student to know the domain of validity of the models introduced.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Revisão da dinâmica e conceitos de estabilidade de um corpo rígido.
Nomenclatura aeronáutica. Sistemas de eixos de aeronaves.
Estabilidade estática longitudinal e lateral de aeronaves.
Equações de movimento de corpo rígido de aeronaves.
Teoria das pequenas perturbações: Equações de movimento e seu desacoplamento.
Critério da estabilidade de Routh.
Modos dinâmicos longitudinal e lateral da aeronave.
Resposta da aeronave ao controlo ou a perturbações atmosféricas.
Introdução aos problemas não lineares da dinâmica do voo: acoplamento por inércia, grandes ângulos de ataque, efeitos elásticos.*

4.4.5. Syllabus:

*Review of rigid body Dynamics and stability concepts.
Aircraft nomenclature. Aerodynamics, aircraft axes systems.
Longitudinal and lateral static stability of aircraft.
Derivation of rigid body aircraft equations of motion.
Small perturbation theory:
- derivation of perturbed equations of motion of aircraft.
- decoupling of aircraft perturbed equations.
Routh's stability criterion.
Aircraft longitudinal and lateral dynamics modes.
Aircraft response to control or atmospheric inputs.
Introduction to nonlinear problems in aircraft flight dynamics: Inertia coupling, high angle of attack phenomena, elastic effects.*

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

Os conteúdos programáticos descritos cobrem o essencial da dinâmica de voo, do ponto de vista da sua estabilidade utilizando métodos lineares clássicos e terminando com uma introdução aos efeitos não lineares. O formato da disciplina visa a aquisição, por parte dos alunos, de competências nos tópicos referidos, através da exposição dos conceitos teóricos e da análise e resolução de problemas sobre os conceitos lecionados.

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

The course contents cover the fundamental theory of the flight dynamics, from the point of view of its stability using classical linear methods and ending with an introduction to non-linear effects. The course format aims at the acquisition, by the students, of competences in the referred topics, through the exposition of the theoretical concepts and the analysis and resolution of problems about the lectured concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teórico-práticas (4 h/semana).
Dois testes e um trabalho com relatório e apresentação pública.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes (4 h/week).

Two tests and an assignment with report and public presentation.

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes adquirem e aprofundam o conjunto de conhecimentos proposto. Os problemas e casos de estudo apresentados utilizam os conceitos e respetivos modelos analíticos, exigindo dos estudantes a compreensão destes conceitos e a sua aplicação em problemas práticos típicos da dinâmica e estabilidade do voo.

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

In theoretical-practical classes, students acquire and deepen the proposed knowledge set. The problems and case studies presented use the concepts and respective analytical models, demanding from the students the understanding of these concepts and their application in typical practical problems of flight dynamics and stability.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- John D. Anderson Jr., "Introduction to Flight", McGraw Hill Co., 4th Edition, 2000
- Dynamics of Flight - Stability and Control: B. Etkin L. D. Reid 1996 John Wiley & Sons
- Stengel, R.F. "Flight dynamics "Princeton University Press, Princeton , N.J., USA, 2004.

Mapa IV - Veículos Aéreos Não-Tripulados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Veículos Aéreos Não-Tripulados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Unmanned Aerial Vehicles

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 – 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):

Nesta unidade curricular pretende-se que os alunos fiquem com uma visão global dos métodos de modelação e controlo utilizadas em veículos aéreos não tripulados (VANTs), compreendendo as suas potencialidades, mas também as suas limitações. Em simultâneo, pretende-se que tenham também uma experiência realista de desenho e implementação de estratégias de controlo para VANTs.

Neste sentido, os objetivos de aprendizagem concretos que se esperam nesta unidade curricular são os seguintes:

- OA1. Analisar e modelar aeronaves não tripuladas;
- OA2. Compreender e desenhar controladores lineares e robustos para VANTs;
- OA3. Compreender como usar técnicas de fusão sensorial para estimar o estado interno de VANTs;
- OA4. Analisar a estabilidade e desenhar controladores não-lineares ou avançados para VANTs;
- OA5. Desenvolver soluções de controlo e estimação concretos para VANTs.

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

In this curricular unit the students will have a broad perspective of the modeling and control methods used in unmanned aerial vehicles (UAVs), understanding their potential but also their limitations. Simultaneously, the students will have a realistic experience of design and implementation of control strategies for UAVs.

To this end, the intended learning outcomes for this curricular unit are the following:

- OA1. Analyze and model unmanned aircraft;
- OA 2. Understand and design linear and robust controllers for UAVs;
- OA 3. Understand how to use sensor fusion techniques to estimate the internal state of UAVs;
- OA 4. Analyze the stability and design non-linear or advanced controllers for UAVs;
- OA 5. Develop concrete control and estimation solutions for UAVs.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- M1. Introdução:
 - Motivação;
 - Classificação e componentes de veículos aéreo não-tripulado (VANTs).
- M2. Modelação de VANTs:
 - Cinemática e dinâmica de translação e rotação;
 - Linearização de modelos em espaços de estados;
 - Modelação de VANTs de asa-fixa e asa-rotativa.
- M3. Controlo de movimento:
 - Técnicas de controlo linear e robusto;
 - Controlo de VANTs de asa-fixa e asa rotativa.
- M4. Filtragem e fusão sensorial:
 - Filtro de Kalman e filtro estendido de Kalman;
 - Fusão sensorial para estimação de atitude e pose;
- M5. Análise de estabilidade e controlo não-linear:
 - Análise de estabilidade segundo Lyapunov;
 - Seguimento de trajetórias e controlo geométrico de atitude.
- M6. Técnicas avançadas:
 - Controlo no espaço dos sensores;
 - Planeamento de trajetórias e supervisão;
 - Controlo cooperativo e distribuído.
- M7. Aplicações de VANTs:
 - Aplicações correntes e conceitos emergentes;
 - Desafios não resolvidos e potenciais desenvolvimentos disruptivos.

4.4.5. Syllabus:

- M1. Introduction:
 - Motivation;
 - Classification and components of unmanned aerial vehicles (UAVs).
- M2. Modeling UAVs:
 - Translation and attitude kinematics and dynamics;
 - State-space models linearization;
 - Modeling fixed-wing and rotary-wing UAVs.
- M3. Motion control:
 - Linear and robust control techniques;
 - Control of fixed-wing and rotary-wing UAVs.
- M4. Filtering and sensor fusion:
 - Kalman filter and extended Kalman filter;
 - Sensor fusion for attitude and pose estimation;
- M5. Stability analysis and non-linear control:
 - Lyapunov stability analysis;
 - Trajectory tracking and geometric attitude control.
- M6. Advanced techniques:
 - Sensor-based control;
 - Path planning and supervision;
 - Cooperative and distributed control.
- M7. UAV applications:
 - Current applications and emerging concepts;
 - Unresolved challenges and potential disruptive developments.

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular abordam os objetivos de aprendizagem OA1 a OA4, nomeadamente, analisando e modelando VANTs, desenhando controladores lineares, filtros de estimação de estado, bem como analisando a estabilidade e desenhando técnicas de controlo avançadas para VANTs. Relativamente ao

objetivo de aprendizagem OA5, este está presente em todos os módulos dos conteúdos, sendo abordado de forma mais direta nas metodologias de ensino e avaliação, estando a formação suportada num conjunto de exemplos realistas na área de sistemas e controlo de aeronaves não tripuladas, onde os trabalhos práticos fomentam um ambiente de desenvolvimento com experiências realistas.

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

The syllabus of this curricular unit addresses learning outcomes OA1 to OA4, namely, analyzing and modeling UAVs, designing linear controllers, state estimation filters, as well as analyzing stability and designing advanced control techniques for UAVs. In addition, the learning outcome OA5 will be present in every unit of the syllabus, noting that the teaching and assessment methodologies address this learning outcome more directly, while also using a set of realistic examples in the area of systems and control of unmanned aircraft, where the practical assignments promote a development environment with realistic experiences.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina está organizada em aulas teórico-práticas, onde são introduzidos os conceitos e aplicados em casos concretos de um ponto de vista analítico, e aulas práticas, direcionadas para o desenvolvimento das técnicas abordadas, tendo em vista o seu teste experimental a consequente análise dos resultados.

Esta unidade irá funcionar em modo Blended-Learning com sala de aula invertida, onde a introdução dos conteúdos é feita de forma assíncrona com recurso ao Moodle, enquanto as aulas presenciais são usadas para a consolidação de conteúdos, esclarecimento de dúvidas e resolução de problemas mais complexos. O uso de técnicas de aprendizagem ativa será também fomentado.

A nota final é calculada como $F = 0,5 \cdot T + 0,1 \cdot OL + 0,4 \cdot P$, onde T diz respeito a dois testes a realizar ao longo do semestre, OL a ferramentas de avaliação online, e P à componente prática, onde serão efetuados 3 trabalhos de laboratório. Em alternativa às componentes T e OL , haverá um exame de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is organized in theoretical-practical classes, where concepts are introduced and applied in concrete cases from an analytical point of view, and practical classes, directed to the development of the techniques addressed in the theoretical classes applied to concrete cases, with the goal to obtain experimental results and their analysis.

This unit will work in Blended-Learning mode with flipped classroom, where new content is introduced asynchronously using Moodle, while face-to-face classes are used for consolidating content, addressing students' questions, and solving more complex problems. The use of active learning techniques will also be encouraged.

The final grade is calculated as $F = 0.5 \cdot T + 0.1 \cdot OL + 0.4 \cdot P$, where T refers to two tests to be taken during the semester, OL to online assessment tools, and P to practical component, where 3 laboratory assignments will be carried out. As an alternative to the T and OL components, there will be an appeal exam.

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

A divisão entre aulas teórico-práticas e aulas laboratoriais pretende responder de forma direta, não só a todos os objetivos propostos em termos de conteúdos (OA1 a OA4), mas também levar os alunos a dimensões de conhecimento mais avançadas, em particular, abordando o objetivo de aprendizagem OA5 através da realização de trabalhos laboratoriais assentes em problemas concretos. Por outro lado, as metodologias de ensino e a respetiva avaliação, com especial destaque para o modelo Blended Learning, sala de aula invertida e o uso de métodos de aprendizagem ativa, fomentam a autonomia dos alunos tanto no estudo de matérias novas, como na obtenção de soluções de engenharia para os problemas em mãos.

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

The division into theoretical and laboratory classes aims to respond directly, not only to all the objectives proposed in terms of contents (OA1 to OA4), but also to bring students to higher dimensions of knowledge, in particular, addressing the learning outcome OA5 by carrying out laboratory work based on concrete problems. On the other hand, the teaching and assessment methodologies, namely the use of the Blended Learning model, flipped classroom, and active learning techniques, will foster the students' autonomy both for the study of new subjects and for obtaining engineering solutions for the problems at hand.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- K. Åström and Richard M. Murray. *Feedback systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2nd Ed., Princeton university press, 2021. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691193984/feedback-systems>

- H. Khalil, *Nonlinear Systems*, 3rd Edition, Pearson, 2002.

<https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691193984/feedback-systems>

- R. Beard, and T. W. McLain, "Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice", Princeton University Press, 2012.

<http://press.princeton.edu/titles/9632.html>

- S. Leutenegger, C. Huerzeler, A. K. Stowers, K. Alexis, M. Achtelik, D. Lentink, P. Oh, and R. Siegwart. *Flying Robots, in Handbook of Robotics*. Springer, pp. 623–670, 2016. https://10.1007/978-3-319-32552-1_26

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Filipe de Carvalho Moutinho; 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 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 contextos operacionais*

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.

Objetives:

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 publicly 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 e Analógica-Digital: caracterização, especificação de conversores, métodos diretos e indiretos, arquiteturas.
Arquiteturas de SAD: 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.
Digital/Analog and Analogic/Digital conversion: Characterization, specification of converters, direct and indirect methods, architectures.
Architectures for SAD: Centralized vs Distributed 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 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
- Relatório do 1º trabalho prático
- Relatório do 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 assignment
- Report about the 2nd practical assignment

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 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:

*Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems; John Park, Steve Mackay; 2003; Newnes
Data Acquisition Techniques Using PCs; Howard Austerlitz, 2003; Academic Press
Sensors and Signal Conditioning, Ramón Pallás-Areny, John G. Webster, 2012, Wiley
Data acquisition for sensor systems, H. Rosemary Taylor, 1997, Springer*

Mapa IV - Dissertação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dissertação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Dissertation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC/EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

840

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT-30

4.4.1.6. Créditos 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):

João Francisco Alves Martins - OT:30

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

Todos os docentes 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 MEAer. 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 MEAer 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. 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 e/ou o desenvolvimento de protótipos. 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. 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 and/or the execution of prototypes. 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 para um semestre. 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 for one semester. 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 - Projeto de Fadiga de Ligações Mecânicas e Estruturas Aeroespaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projeto de Fadiga de Ligações Mecânicas e Estruturas Aeroespaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Fatigue Design of Mechanical Joints and Aerspatial Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

semestral / semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Rui Fernando dos Santos Pereira Martins - TP-28 PL28

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 da UC é fornecer os conhecimentos para projetar à fadiga ligações mecânicas existentes na indústria aeroespacial, tais como as ligações aparafusadas, rebitadas, soldadas e coladas.

No final desta UC, o estudante deverá ter conhecimentos que lhe permita:

- Descrever os principais tipos de ligações mecânicas utilizadas na indústria aeroespacial e saber projetá-las à fadiga;*
- Ter em consideração condições especiais de propagação de fendas por fadiga, nomeadamente a alta e a baixa-temperatura, sob a influência da corrosão, ou sujeita a fretting;*
- Compreender a influência da existência de entalhes, da concentração de tensões e das tensões residuais no projeto à fadiga de estruturas aeroespaciais;*
- Projetar à fadiga de acordo com os princípios de vida infinita, falha segura ou tolerância de dano;*
- Aplicar os conceitos da Mecânica da Fratura Probabilística;*
- Simular numericamente através do MEF as principais ligações mecânicas com recurso a software comercial.*

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

The purpose of the UC is to provide the knowledge to fatigue design existing mechanical joints in the aerospace industry, such as bolted, riveted, welded and adhesive connections.

At the end of this UC, the student should acquired knowledge that will allow him to:

- Describe the main types of mechanical joints used in the aerospace industry;*
- Fatigue design of the main types of mechanical joints involved in the assembly of aerospace structures;*
- Take into account special conditions for the propagation of cracks namely at high and low temperatures, under the influence of corrosion, or subject to fretting;*
- Understand the influence of notches, stress concentration and residual stresses on the fatigue design of aerospace structures;*
- Be able to design according to the principles of safe life, fail safe or damage tolerance;*
- Understand the concepts of Probabilistic Fracture Mechanics;*
- Simulate with the Finite Element Method the main mechanical connections using commercial software.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *Descrição dos principais conceitos de Projeto à Fadiga: Fator de Intensidade de Tensão; Propagação de fendas em Modo I, Modo II, Modo III ou misto; Efeito da tensão média; Propagação de fendas sob efeito de carregamento de amplitude constante ou variável; Fadiga oligocíclica, a alto/muito alto número de ciclos;*
- 2) *Descrição das principais ligações mecânicas: aparafusadas, rebitadas, soldadas e coladas;*
- 3) *Projeto à fadiga de ligações mecânicas e de estruturas aeroespaciais;*
- 4) *Projeto à fadiga envolvendo alta e/ou baixa temperatura, corrosão e fretting;*
- 5) *Propagação de fendas por fadiga: modelos de previsão;*
- 6) *Ensaio mecânicos de resistência à fadiga. Análise estatística;*
- 7) *Mecânica da Fratura Probabilística;*
- 8) *Fundamentos do Método dos Elementos Finitos (MEF): tipos de elementos, geração da malha, modelos de materiais, condições de fronteira e de carregamento, análise de convergência, erros;*
- 9) *Simulação numérica de propagação de fendas por fadiga;*
- 10) *Estudo de casos de falha.*

4.4.5. Syllabus:

- 1) *Description of the main concepts of Fatigue Design: Stress Intensity Factor; Mode I, Mode II, Mode III or mixed-mode crack propagation; Mean Stress Effect; Crack propagation under the effect of constant or variable amplitude loading; Low-Cycle fatigue, High-Cycle or Very High-Cycle fatigue loading; Influence of notch(s), stress concentration and residual stresses*
- 2) *Description of the main mechanical joints: bolted, riveted, welded and adhesive;*
- 3) *Fatigue design of mechanical joints and aerospace structures*
- 4) *Fatigue design involving high and/or low temperature, corrosion and fretting;*
- 5) *Fatigue crack propagation: life prediction;*
- 6) *Mechanical testing of fatigue strength. Statistical analysis. Scatter;*
- 7) *Probabilistic Fracture Mechanics;*
- 8) *Fundamentals of Finite Element Method: types of elements, mesh generation, material models, boundary and loading conditions, convergence analysis, errors;*
- 9) *Numerical simulation of fatigue crack propagation;*
- 10) *Failure Analysis: case studies.*

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

O programa descrito cobre os aspetos essenciais do projeto à fadiga de ligações mecânicas e de estruturas aeroespaciais.

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

The syllabus covers the essential aspects of the fatigue design of mechanical joints and aerospace structures.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas e aulas laboratoriais.

Um teste (30%) e dois trabalhos práticos de simulação de propagação de fendas (com a mesma ponderação - 35% - na nota final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical and laboratory classes. One test (30%) and two practical works on crack propagation simulation, with the same weighting - 35% - in the final grade.

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

Nas aulas teórico-práticas os estudantes adquirem e aprofundam o conjunto de conhecimentos proposto. Os problemas de simulação propostos e o estudo de casos de falha complementam a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos teóricos e exercitando a sua utilização na simulação e previsão da propagação de defeitos, na definição de intervalos entre inspeções e na aplicação das metodologias de previsão de dano.

Paralelamente, no decorrer das aulas laboratoriais os estudantes desenvolvem a capacidade para realizar ensaios mecânicos e analisar os resultados obtidos.

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

In theoretical-practical classes, students acquire and deepen the proposed knowledge set. The proposed simulation problems and the study of failure cases complement the given contents, demanding from the students the comprehension of the theoretical concepts and exercising its use in the simulation and prediction of defects propagation, in the definition of intervals between inspections and in the application of the damage prediction methodologies.

In parallel, during the laboratory classes, the students can perform mechanical tests and analyse the results obtained.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Jack A. Collins, Henry R. Busby & George H. Staab, Mechanical design of machine elements and machines, A Failure Prevention Perspective, 2nd edition, The Ohio State University, John Wiley & Sons, 2010, USA

Mapa IV - Toleranciamento de Estruturas Aeroespaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Toleranciamento de Estruturas Aeroespaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Tolerancing of Aerospace Structures

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

semestral / semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-56

4.4.1.6. Créditos 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):

António José Freire Mourão - TP- 56h

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

<sem resposta>

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

Visão global e integradora das características dimensionais e geométricas de uma estrutura mecânica em sistemas aeroespaciais, na função, no fabrico, na montagem e na inspeção:

- i) Preparação do projeto de sistemas de estruturas aeroespaciais, para fabrico e montagem garantindo a funcionalidade, através da especificação correta das suas características-chave representadas por tolerâncias (dimensionais e geométricas) e respetiva cadeia de sistemas de referência.*
- ii) Preparação da industrialização de produtos com vista à redução de custos e de tempos;*
- iii) Definição de sistemas de apoio às linhas de fabrico e de montagem baseados nas características-chave do produto e nas referências funcionais.*
- iv) Preparação do controlo dimensional e geométrico.*

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

Global and integrative view of the dimensional and geometric characteristics of a mechanical structure in aerospace systems, in function, manufacture, assembly and inspection:

- i) Preparation of the design of aerospace structures systems, for manufacture and assembly ensuring functionality, through the correct specification of their key characteristics represented by tolerances (dimensional and geometric) and respective chain of reference systems.*
- ii) Preparation of the industrialization of products with a view to reducing costs and time.*
- iii) Definition of support systems for manufacturing and assembly lines based on key product characteristics and functional references.*
- iv) Preparation of dimensional and geometric control.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Cadeias de cotas.*
- 2. Análise e síntese de tolerâncias, com intermutabilidade total e com modelos estatísticos.*

3. Tolerâncias geométricas enquanto linguagem que liga a funcionalidade, a produção e o controlo.
4. Condições de material (máximo e mínimo).
5. Sequência de referências.
6. Hierarquia dos subconjuntos na montagem.
7. Transferência de cotas do projeto para a produção.
8. Indicadores de aptidão dos processos.
9. Sistemas de localização, de aperto e de controlo dimensional e geométrico.
10. Metrologia de coordenadas, com e sem contacto.

4.4.5. Syllabus:

1. Dimension chains.
2. Analysis and synthesis of tolerances, with worst-case and with statistical models.
3. Geometric tolerances as a language that links functionality, manufacturing, assembly, and control.
4. Material Conditions (maximum and minimum).
5. Sequence of references.
6. Hierarchy of subassemblies in the total assembly.
7. Transfer of design dimensions to production.
8. Capability indicators.
9. Locating, clamping and dimensional and geometric control systems.
10. Coordinate metrology, with and without contact.

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

Os conteúdos programáticos estão relacionados com os objetivos:

- Permite o conhecimento para expressar a análise do produto em termos das tolerâncias a especificar no produto para o cumprimento das funcionalidades.
- Permite definir as especificações de pormenor para garantir a adequação ao fabrico e à montagem.
- Permite o conhecimento para a definição das linhas e dos processos a utilizar.
- Permite o conhecimento para fazer o planeamento da inspeção dimensional e geométrica.

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

The syllabus is related to the objectives:

- Allows the knowledge to express the analysis of the product in terms of the tolerances to be specified in the product for the fulfilment of the functionalities.
- Allows you to define detailed specifications to ensure suitability for manufacturing and assembly.
- Allows knowledge to define the lines and processes to be used.
- Allows the knowledge to plan the dimensional and geometrical inspection.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação dos conteúdos teóricos seguidos de análise de problemas concretos e resolução de casos de projeto, num ambiente de envolvimento de professor e alunos.

A realização de um trabalho prático (TP), assim como a realização de um teste (T), permite fazer a avaliação de toda a matéria lecionada ao longo do semestre ($NF=0,3xT+0,7xTP$).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Presentation of the theoretical contents followed by analysis of real problems and case resolution in the design perspective, in an environment involving teachers and students.

The practical work to be carried out (TP), together with one test (T), will allow the students to review all the subjects taught during the semester and to evaluate their knowledge ($NF=0.3xT+0.7xTP$).

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

A matéria lecionada cobre os temas teóricos que se pretende que os alunos aprendam, os quais são frequentemente aplicados durante a vida profissional de um engenheiro no projeto, na produção e no controlo geométrico de estruturas e estão coerentes com os objetivos da unidade curricular. As aulas teóricas-práticas permitem a exposição teórica da matéria pelo docente, a aquisição de conceitos de projeto pelos alunos, assim como o desenvolvimento das suas capacidades de análise, de síntese e de cálculo.

Os temas lecionados na unidade curricular têm aplicabilidade direta na vida profissional de um engenheiro na indústria aeroespacial, pelo que nas aulas são apresentados exemplos concretos e são propostos exercícios práticos de casos reais.

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

The subjects taught covers the theoretical issues the students are supposed to learn, which are often applied during the professional life of a Aerospace engineer and are consistent with the objectives of the course.

The means used to teach the syllabus include TP classes, which allow the theoretical exposition by the teacher, the acquisition of design concepts by students, as well as the development of their skills of analysis and synthesis.

As the subjects taught in the course are often directly applied by the engineers in the aerospace industry, examples and practical exercises of real cases are often presented and analysed in classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Daniel E. Whitney. *Mechanical Assemblies - Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. ISBN: 9780195157826. 2004.
 ISO 1101:2017 - Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out
 Alex Krulikowski, *Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing Using Critical Thinking Skills*. ISBN-0924520272, 2013.
 ANSELMETTI Bernard, “Tolérancement Volume 2: Méthode de cotation fonctionnelle” Hermès – Lavoisier, 2003.
 ANSELMETTI Bernard, “Tolérancement Volume 3: Cotation de fabrication et métrologie” Hermès – Lavoisier, 2003 .
 Edward Roth, *Integrated product design and manufacturing using GD&T*, Marcel Dekker, 2003.

Mapa IV - Cadeias de Abastecimento Digitais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Cadeias de Abastecimento Digitais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Digital Supply Chains

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL28

4.4.1.6. Créditos 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):

António Carlos Bárbara Grilo - TP: 28

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

Ana Paula Ferreira Barroso - PL: 28

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

*No final da unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:
 Reconhecer a importância da gestão sustentável da cadeia de abastecimento a nível global, nacional e organizacional;*

Reconhecer como é que a gestão adequada da cadeia de abastecimento contribui para a criação de valor;

Reconhecer o caráter dinâmico dos processos que decorrem na cadeia de abastecimento;

Reconhecer a complexidade associada à tomada de decisão nas organizações e cadeias de abastecimento;

Identificar e aplicar as estratégias, paradigmas de gestão e tecnologias mais adequados de modo a tornar a cadeia de abastecimento mais competitiva;

Conhecer as principais tecnologias digitais de suporte à gestão integrada da cadeia de abastecimento

Medir e controlar o desempenho de cadeias de abastecimento.

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

On successful completion of the course students will be able to:

Recognize the relevance of sustainable supply chain management at global, national and organizational level;

Recognize how the supply chain management contribute to value creation;

Recognize the dynamic behavior of the supply chain processes;

Recognize the complexity on management decision making of both supply chain and organisation;

Know and apply the most adequate management strategies, paradigms and technologies to promote the supply

chain competitiveness;

Recognize how main digital technologies to enable an integrated supply chain management;

Measure and control supply chain management performance.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Conceitos fundamentais da gestão da cadeia de abastecimento*
 - 1.1 A complexidade na cadeia de abastecimento*
 - 1.2 Questões fundamentais na gestão da cadeia de abastecimento*
- 2. Gestão integrada da cadeia de abastecimento*
 - 2.1 Objetivos da gestão da cadeia de abastecimento*
 - 2.2 Modelação da cadeia de abastecimento*
 - 2.3 Análise de estratégias e paradigmas de gestão da cadeia de abastecimento*
 - 2.4 Análise da sustentabilidade das estratégias e paradigmas de gestão*
- 3. Tecnologias Digitais*
 - 3.1 Tecnologias e aplicações de suporte à Gestão da Cadeia de Abastecimento*
 - 3.2 Plataformas Digitais*
- 3. Integração de Dados e Informação na Cadeia de Abastecimento*
- 4. Gestão do risco na cadeia de abastecimento*
 - 4.1 Tipos de risco*
 - 4.2 Análise do risco*
 - 4.3 Estratégias reativas e pró-ativas de resposta ao risco*
- 5. Avaliação do desempenho da gestão da cadeia de abastecimento*
 - 5.1 Métodos qualitativos e quantitativo*
 - 5.2 Modelo SCOR*
- 6. Realização de jogos no âmbito da gestão da cadeia de abastecimento e respetiva análise crítica*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Fundamental concepts about supply chain management*
 - 1.1 Supply chain complexity*
 - 1.2 Fundamental issues in supply chain management*
- 2. Integrated supply chain management*
 - 2.1 Supply chain management objectives*
 - 2.2 Supply chain modelling*
 - 2.3 Analysis of strategies and paradigms to supply chain management*
 - 2.4 Analysis of the sustainability of supply chain management strategies and paradigms*
- 3. Digital technologies*
 - 3.1 Technologies and applications to support Supply Chain Management*
 - 3.2 Digital Platforms*
 - 3.3 Data and Information Integration in Supply Chains*
- 4. Supply chain risk management*
 - 4.1 Categorization of risk*
 - 4.2 Risk analysis*
 - 4.3 Mitigation strategies*
- 5. Performance evaluation of supply chain management*
 - 5.1 Quantitative and qualitative methodologies*
 - 5.2 The Supply Chain Operations Reference model*
- 6. Realization of games in the supply chain management scope, and critical analysis of their results*

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

O conteúdo programático da unidade curricular (UC) foi desenvolvido em estreita articulação com os objetivos definidos. A UC inicia, no ponto 1, com uma introdução aos princípios e questões fundamentais associados à gestão da cadeia de abastecimento. As estratégias, paradigmas e tecnologias a aplicar para alcançar a sustentabilidade da gestão da cadeia de abastecimento e reduzir os riscos que lhe são inerentes são apresentados nos pontos 2, 3 e 4. No ponto 5 são apresentadas metodologias quantitativas e qualitativas de avaliação do desempenho na gestão da cadeia de abastecimento. O ponto 6 é dedicado à realização de jogos no âmbito da gestão da cadeia de abastecimento e análise crítica dos seus resultados.

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

The syllabus was developed in consonance with the defined curricular unit's objectives. Point 1 starts with a general introduction to the fundamental concepts and issues in supply chain management scope. Strategies, paradigms and technologies used to attain the supply chain management sustainability, and strategies applied to mitigate supply chain risk management are analysed in points 2, 3, and 4. Qualitative and quantitative methodologies to assess supply chain management are provided in point 5. Supply chain management methods and practices are applied in point 6 through games realization.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos fundamentais, métodos e modelos, são apresentados nas aulas teóricas (T) adotando o método expositivo. São colocadas questões para estimular a participação dos estudantes e avaliar e controlar a aquisição de conhecimentos.

Nas aulas práticas (P) os estudantes resolvem exercícios e realizam jogos no âmbito da GCA, com prépreparação e elaboração de relatório, adotando o método experimental. São usados métodos ativos. Os resultados dos trabalhos,

realizados em grupo, são analisados em aula.

A avaliação contínua envolve 2 componentes, T_P (1 teste, T) e laboratorial (trabalhos, TGs), cada um com a ponderação de 50% na nota final (NF). $NF=0,5T+0,5TGs$.

Para dispensar de exame (E) a nota de cada componente de avaliação tem de ser superior a 9,5 valores.

Em E a avaliação envolve a nota do E e a obtida nos TGs, tendo a NF a ponderação de 50% de cada uma das notas. $NF=0,5E+0,5TGs$.

A frequência, válida por 1 ano, é obtida pela presença em pelo menos 65% das aulas T e 65% das aulas P.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit is taught in lectures and labs.

In lectures the expositive method is adopted to present concepts, approaches and models. Oral questions are made for stimulate the students participation, prerequisite control and knowledge assessment.

In laboratory sessions the experimental method is adopted. Active methods are used. Students resolve exercises and perform games in the SCM scope, with preparation in advance and final report done by team work. Projects results analysis is discussed in class.

The course grading is based on a closed-book test (T) and projects in group (TGs), each one with a weighting of 50% in the final grade. Final Grade= $0.5+0.5TGs$

To be exempted from the final exam, the student must obtain a grade equal to or greater than 9.5 on the average of closed-book tests. The student is excluded from the final exam if he/she is not present in at least 9 lectures and 9 laboratory sessions, and the grade of TGs does not exceed 9.5 values.

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

A metodologia de ensino adotada visa maioritariamente apresentar os conceitos teóricos com base na aplicação em exemplos e casos de estudo propostos, bem como na verificação dos resultados de aprendizagem. Assim, através de uma abordagem didático-pedagógica ativa e dinâmica, procura-se motivar os estudantes para a aprendizagem de estratégias e paradigmas de gestão e, também, sensibilizá-los para a adoção de práticas de gestão da cadeia de abastecimento que permitam torná-la mais competitiva.

Na maioria das aulas práticas os estudantes aplicam imediatamente os conteúdos teóricos lecionados nas aulas teóricas, através da resolução de exercícios e desenvolvimento de trabalhos em grupo, normalmente casos-problema. Nos trabalhos os estudantes resolvem e analisam problemas concretos, desenvolvendo a aptidão para selecionar as técnicas e ferramentas mais adequadas e também conceber e avaliar soluções. Para desenvolver capacidades de comunicação escrita, os estudantes entregam um relatório relativo a cada trabalho desenvolvido, especificando os métodos utilizados e justificando todas as decisões tomadas na sua resolução. A apresentação escrita e oral de trabalhos realizados em grupo tem como objetivos fomentar o trabalho em equipa e a reflexão crítica do estudante. Como em qualquer processo de aprendizagem, é fundamental que os alunos recebam feedback sobre o trabalho que vão realizando. Por esse motivo, os docentes identificam os pontos fortes e fracos de cada programa, logo após o trabalho ter sido avaliado.

De referir, igualmente, que a existência de dois testes fomenta não só o estudo continuado, que é determinante no sucesso de aprendizagem, como a avaliação individual do estudante. Nos testes os estudantes são confrontados com pequenos problemas e/ou questões que necessitam de resolver e/ou analisar, desenvolvendo a aptidão para entender, selecionar, e analisar os conceitos envolvidos na unidade curricular. A avaliação dos trabalhos promove para além do estudo continuado a avaliação do estudante enquanto elemento de uma equipa de trabalho. A frequência pretende assegurar que os estudantes acompanham a matéria. Assim, os objetivos de aprendizagem indicados são plenamente suportados pela metodologia de ensino proposta.

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

The teaching methodology adopted aims to mainly present the concepts based on application examples and case studies and be able to verify the learning outcomes. Thus, an active and dynamic didactic-pedagogic approach is implemented to motivate the students to learning the management strategies and paradigms, and to aware the students to adopt supply chain management practices that enable it competitive.

In most laboratory sessions, students apply the theoretical issues taught in lectures, by solving exercises and developing group projects. The other laboratory sessions are for presentation and discussion of group projects. In projects students are required to develop and analyse specific problems, developing the ability to both select techniques and design and analyse solutions. To develop written communication skills, students are required to make project report in which they should specify and justify the methods used and the decisions taken. Written and oral presentation of the group projects aims to promote teamwork and encourage critical thinking and also allow students to receive projects feedback. For this reason, instructors identify the strongest and the weakest points of each project just after their assessment. The assessment of these skills is provided by four projects whose assessment fosters continued study and the application of theoretical concepts, and allows student assessment as a team member.

The existence of two quizzes during the semester fosters the students' continuous learning process, which is fundamental for the students' success in this unit, and permits to assess the student ability to integrate the concepts presented. In the quizzes' students are faced with small problems and/or issues that need resolving and/or analysing, and developing the ability to understand, select, and analyse the concepts involved in the unit. The projects assessment promotes both the continued study and the student assessment as a team element. The mandatory presence in 2/3 of the lectures and labs has the purpose of ensuring that students are involved in the curricular unit. Thus, the learning objectives are fully supported by the teaching methodology proposed.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bowersox D., Closs D., Cooper M.D., *Supply Chain Logistics Management*, McGraw Hill, 5ª ed., 2020, New York.

Carvalho J.C. et al., *Logística e Gestão na Cadeia de Abastecimento*, Ed. Sílabo, 2ª ed., 2017, Lisboa.

Chopra S., *Supply Chain Management. Strategy, Planning and Operations*, Pearson Global Edition, 7ª ed., 2019, Harlow.

Christopher M., *Logistics and Supply Chain Management*, 5ª ed., Pearson Education, 2016, New York.
Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J., *The Management of Business Logistics. A Supply Chain Perspective*, Thomson, 8ª ed., 2008, Quebec.
Shapiro J.F., *Modeling the Supply Chain*, Duxbury, Cengage /Thomson Learning, 2ª ed., 2006, Belmont: South-Western.
Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E., *Designing and Managing the Supply Chain. Concepts, Strategies and Case Studies*, 3rd ed, McGraw-Hill, 2007, Boston.

Mapa IV - Mecânica Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Mechanics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28; PL-28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Pedro Samuel Gonçalves Coelho - TP-14; PL-14

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

João Mário Burguete Botelho Cardoso - TP-14; PL-14

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

Nesta disciplina o aluno adquire conhecimentos teóricos e experiência de utilização de software comercial e de linguagens de programação no âmbito da simulação numérica por elementos finitos de estruturas mecânicas considerando fenómenos estáticos e dinâmicos. O Método dos Elementos Finitos é uma ferramenta computacional importante na prática da engenharia Mecânica e Aeroespacial porque basicamente a análise estrutural moderna em ambiente académico, empresarial ou industrial é assistida por computador (CAE – Computer Aided Engineering). Por este motivo, a disciplina coloca os alunos em contato, por um lado, com um software comercial de elementos finitos (ANSYS). Por outro lado, toda a parte de programação é realizada em ambiente OCTAVE/PYTHON para que o aluno desenvolva capacidades próprias de geração de código feito à medida das necessidades dos problemas que possam surgir na prática da engenharia. No final deste curso, o aluno deverá ser capaz de usar e programar elementos finitos.

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

This course gives the student theoretical knowledge and practice in the use of commercial software and programming languages in the scope of numerical simulation by finite elements of mechanical structures considering static and dynamic phenomena. The Finite Element Method is an important computational tool in the practice of Mechanical and Aerospace engineering because, basically, modern structural analysis in an academic, business or industrial environment is computer-aided (CAE - Computer Aided Engineering). For this reason, the course puts students in contact, on the one hand, with a widely used commercial finite element software (ANSYS). On the other hand, the entire programming part is carried out in an OCTAVE/PYTHON environment so that the student can develop his own abilities to generate code tailored to the needs of the problems that may related programming.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Álgebra linear e notação indicial. Introdução ao método dos elementos finitos. Elemento finito de barra e viga. Assemblagem de matrizes e vetores. Transformação de coordenadas. Análises estática, modal, harmónica, dinâmica transiente e de instabilidade. Programação de código de elementos finitos em OCTAVE/PYTHON utilizando aplicações de estruturas reticuladas. Utilização do programa comercial de elementos finitos (ANSYS) e introdução à sua linguagem de programação (APDL). Comparação de resultados obtidos entre programas desenvolvidos em OCTAVE/PYTHON e APDL. Resolução de problemas de elasticidade plana pelo método dos elementos finitos. Elemento finito de placa, casca e também sólido. Elementos isoparamétricos. Regras de integração numérica. Qualidade da malha de elementos finitos, malhagem e remalhagem. Análises geometricamente não lineares e com plasticidade. Aplicações a estruturas 2D/3D na engenharia Mecânica e Aeroespacial utilizando o ANSYS, versões Mechanical APDL e Workbench.

4.4.5. Syllabus:

Linear algebra and index notation. Introduction to the finite element method. Bar and beam finite elements. Matrix and vector assembling. Coordinate transformation. Static, modal, harmonic, transient dynamic and buckling analysis. Finite element code programming in OCTAVE/PYTHON using applications of lattice structures. Use of a commercial finite element program (ANSYS) and introduction to its programming language (APDL). Comparison of results obtained between programs developed in OCTAVE/PYTHON and APDL. Solving plane elasticity problems using the finite element method. Finite elements of plate, shell and also solid types are considered. Isoparametric elements. Numerical integration rules. Quality of finite element mesh, meshing and re-meshing. Geometrical nonlinear and plasticity analyses. Applications to 2D/3D structures in Mechanical and Aerospace engineering using ANSYS, the Mechanical APDL and Workbench versions.

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

Neste curso ensina-se mecânica computacional aos alunos dando não só os fundamentos teóricos de elementos finitos (EF), mas também a prática de modelação, simulação e programação de EF em computador. Os alunos usam computadores em aulas de laboratório com programas instalados para a análise de sistemas mecânicos. À medida que os estudantes usam programas comerciais, tipicamente usados na indústria, é também requerido que eles próprios desenvolvam a habilidade de programação em computador para gerar o seu próprio código e compará-lo com o de uso comercial. A preocupação pedagógica aqui é que o estudante compreenda a base dos códigos comerciais e olhe para os resultados dos programas com espírito crítico.

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

Computational mechanics is taught to students not only conveying the fundamentals of the finite element method but also the practice of FE modeling, simulation and computer programming. Students use computers in laboratory classes with programs installed for the analysis of mechanical systems. As students use commercial programs, typically used in industry, they are also required to develop computer programming skills themselves to generate their own code and compare it with commercial ones. The pedagogical concern here is that the student understands the basis of commercial codes and that the generated results are to be viewed critically.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino é feito baseado em aulas teóricas e aulas laboratoriais onde cada estudante tem acesso ao terminal de um computador com o software necessário (OCTAVE e ANSYS) à geração e análise de modelos numéricos. Para a avaliação contínua dos estudantes aplica-se a seguinte fórmula: $0,4 \times TR1 + 0,3 \times TR2 + 0,3 \times T \geq 9,5val$, onde:
TR1 – Projeto individual para comparar resultados do ANSYS com o código de EF desenvolvido pelo aluno usando os elementos finitos de barra e viga em modelação de estruturas reticuladas.
TR2 – Projeto de grupo para ser todo realizado no ANSYS modelando estruturas usando elementos finitos de placa e casca, e.g., reservatórios de pressão.
T – Teste individual escrito para aferição dos conhecimentos teóricos.
Frequência - obtida através da submissão dos dois trabalhos: TR1 e TR2.
Para a avaliação através de Exame, E, aplica-se a seguinte fórmula: $0,4 \times TR1 + 0,3 \times TR2 + 0,3 \times E \geq 9,5val$.
O exame E tem nota mínima de 9,5val em 20.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching is based on theoretical and laboratory classes where each student has access to a computer terminal with the necessary software (OCTAVE and ANSYS) to generate and analyze numerical models. For continuous evaluation of students, the following formula is applied: $0.4 \times TR1 + 0.3 \times TR2 + 0.3 \times T \geq 9.5val$, where:
TR1 – Individual project to compare ANSYS and self-made FE code results using the bar and beam finite elements in structural modelling of frames.
TR2 – Team project to be fully carried out in ANSYS modelling structures using plate and shell finite element, e.g., pressure vessels.
T – hand-written test for individual assessment of the theoretical fundamentals.
Frequency - obtained through the submission of the two projects: TR1 and TR2.
For the evaluation through Exam, E, the following formula is applied: $0.4 \times TR1 + 0.3 \times TR2 + 0.3 \times E \geq 9.5val$.
Exam E has a minimum grade of 9.5val out of 20.

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

Por um lado, os alunos são avaliados em separado quanto à sua capacidade de desenvolvimento em OCTAVE/PYTHON de um programa de EF através de um projeto individual. Por outro lado, os alunos são estimulados a resolver um projeto final mais longo e complexo em resultado do seu sucesso trabalhando em contexto de grupo de trabalho e usando o programa ANSYS. Para avaliar as bases teóricas de cada aluno é realizado um teste ou exame.

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

On the one hand, students are assessed individually on their ability to generate finite element OCTAVE/PYTHON code through individual projects. On the other hand, students are encouraged to solve a longer and more complex final project doing teamwork using ANSYS program. To assess the extent of the theoretical knowledge of each student, a test or exam is carried out.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

An Introduction to the Finite Element Method, 4th Ed., J.N. Reddy, McGraw-Hill, 2019

Problemas de Elementos Finitos em MATLAB, A.J.M. Ferreira, Fundação Calouste Gulbenkian, 2010

Método dos Elementos Finitos - Técnicas de Simulação Numérica em Engenharia, Teixeira-Dias, Pinho-da-Cruz, Fontes Valente e Alves de Sousa, ETEP, 2018.

Mapa IV - Gestão de Projetos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Gestão de Projetos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Project Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera; TP:28h

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

Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco; PL-28h

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

Nesta unidade curricular introduz de forma coesa e concisa, mas abrangente os fundamentos principais da gestão de projetos baseados em normativos internacionais das melhores práticas e dos conhecimentos profissionais; bem como, dos conhecimentos resultantes de investigação sobre teorias, métodos e ferramentas utilizadas para iniciar, organizar, planear, controlar e concluir projetos eficazmente. No final do curso, os estudantes deverão ser capazes de:

- O1: Compreender e enquadrar a gestão de projetos nas organizações e nos standards internacionais*
- O2: Identificar, caracterizar e enquadrar diversas metodologias, métodos, ferramentas em diferentes ambientes*
- O3: Entender como gerir variáveis críticas, tais como: tempo e custo; bem como o seu impacto sobre o âmbito e a qualidade dos projetos*
- O4: Desenvolver e estabelecer planos de gestão e analisar relatórios de monitorização e controlo*
- O5: Reconhecer os atuais programas de certificação profissional internacional e sua importância*

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

This course unit covers in a cohesive, concise, yet comprehensive the fundamentals of project management based on available global standards, professional best practices and research knowledge about theories, methods and tools used to effectively start, organize, plan, control and close projects. By the end of the course they should be able to:

- O1: Understand and frame the project management in the organizations and within international standardization;
- O2: Identify, characterize and frame several methodologies, methods, tools in project management practices;
- O3: Understand how to manage critical variables, such as time and cost, and its impact on the scope and quality of projects;
- O4: Develop and establish project management plan;
- O5: Recognize international professional certification programs and its importance.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Enquadramento da Gestão de Projetos: Principais conceitos e definições; Fatores de sucesso e insucesso; Principais Normativos internacionais da gestão de projetos
2. Iniciação do projeto: Conceção, avaliação e posicionamento estratégico, Gestão de partes interessadas, Métodos de Seleção e Prioritização de Projetos e charter do projeto
3. Planeamento e programação do Projeto: âmbito e requisitos do projeto; WBS, Estimativas; Planeamento de recursos; qualidade, tempo, custos e risco; Aquisições e contratos: Programação do projeto
4. Execução, Acompanhamento e Controlo: Gestão e desenvolvimento de equipas; âmbito, duração, custos e alterações; Controlo e garantia da qualidade; Condução e administração de contratos; Acompanhamento e controlo de riscos; Avaliação e relatórios de desempenho
5. Encerramento: Aquisições e contratos, projeto ou fase; Recolha, registo e utilização de lições apreendidas
6. Programas de certificação profissional em gestão de projetos

4.4.5. Syllabus:

1. Project Management frameworks: Key definitions and concepts; Success and failure main factors; international main standards
2. Project Initiation: Project creation, evaluation and strategic setting; Stakeholders Management, Project Selection Criteria and Prioritization Methods, Project charter creation
3. Project Planning: Scope and project requirements definition; Resource estimation and planning: WBS Construction, Time, cost and quality planning; Risk characterization and planning; Procurement and contracts development; Project scheduling
4. Implementation, Monitoring and Control: Teams management and development; Control of duration, costs and changes; Quality control and assurance; Conducting contracts and procurement administration; risk monitoring and control; Project performance evaluation and reporting
5. Project Closure: Procurement, Project or phase closing; Collecting, registration and use of lessons learned
6. Professional certification programs for project management

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

No capítulo 1 são introduzidos os conceitos e definições fundamentais quer para projetos individuais, programas e portfólios e seus enquadramentos (O1). No capítulo 2 são introduzidas as principais temáticas do processo de iniciação de projetos (O2) que serão posteriormente utilizados no seu planeamento e programação (O3). No capítulo 3 são então detalhadas as temáticas necessárias ao seu planeamento e programação, com particular enfoque nas vertentes qualidade, tempo e recursos, risco, aquisições e contratos (O3). No capítulo 4 introduzem-se os métodos e práticas fundamentais para a gestão da execução, acompanhamento e controlo do projeto (O4). No capítulo seguinte 5 expõem-se as práticas fundamentais para o encerramento de contratos, projetos ou fases; bem como a recolha e utilização das lições apreendidas ao longo do ciclo de vida do projeto (O5). Por fim, expõe-se os programas de certificação profissional internacionalmente disponíveis (O6).

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

Main concepts and definitions for individual projects, programs and portfolios, according to national and international regulations are introduced in chapter 1 (O1).

In Chapter 2 the key themes of the project initiation process (O2) are exposed which results will be later used in the Chapter 3 (O3).

In Chapter 3 planning and programming issues, either in a deterministic or probabilistic perspective are detailed with special focus on quality aspects, time and resources, risk, procurement and contracts (O3).

In Chapter 4 fundamental methods and practices for the project implementation, monitoring and control are introduced (O4).

Next chapter fundamental practices for closing contracts, projects or phases; are exposed, as well as, the use of the lessons learned during the project life cycle (O5).

Finally, international available professional certification programs are exposed to support the development of the project management best practices and future results (O6).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A lecionação da UC é realizada combinando uma vertente conceptual, em aulas teóricas-práticas, e uma vertente prática aplicada. Nas aulas teóricas-práticas procede-se à exposição oral das matérias e exploram-se mini casos de aplicação das matérias, estimulando-se a participação e discussão de conceitos, modelos, métodos, práticas e situações.

Nas aulas práticas laboratoriais procede-se ao desenvolvimento das matérias através da exploração detalhada das matérias dadas por estudo de casos de aplicação, com recurso a ferramentas informáticas de carácter geral e

específico para desenvolvimento de outras competências e capacidades de análise tendo ainda que apresentar e defender os relatórios dos trabalhos desenvolvidos. Elementos de avaliação:

- Avaliação Grupal (TG) + Avaliação Individual (P + T). P= Participação em aulas (teóricas) + Teste (T). Se $T < 9$ exame (EX). Se $TG \geq 9,5 \Rightarrow$ NOTA FINAL = $0,4TG + 0,1P + 0,5T$ (ou EX).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures are carried out combining theoretical with real case exemplification (TP) classes with laboratory development classes. In TP classes, a summary of the subjects that will be discussed is presented. Concepts, models, methods and practices are explained, discussed and applied, stimulating the student participation during their presentation. In the end of the lecture, the most relevant aspects are highlighted as well as the main subjects for the following lecture, encouraging students to study the subjects before their discussion. In Lab classes, case studies are analyzed deeply explored and discussed.

The course grading is based on: Group Assignments (GA) + Individual work: Theoretical Class Participation (P) + Test assessment (T). If $T < 9$ exam (EX) is required. GA is used to decide access to the individual Test/Exam: if $GA \geq 9,5$ FINAL GRADE = $0,4GA + 0,1P + 0,5T$ or $0,4GA + 0,1 + 0,5EX$

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

O ensino da UC está direcionado para a introdução e exploração de diferentes modelos, métodos e práticas de gestão diferente de projetos, de diferentes tipologias e com base em práticas internacionais e nacionais e normas para e relacionados com a gestão de projeto, programas e portfólios

Os exemplos das aulas teórico -práticas seguem uma abordagem baseada em “casos de estudo” cobrindo as diversas temáticas expostas com recurso a cálculo tradicional. O material de suporte da componente laboratorial inclui para além do cálculo tradicional a utilização de diversas ferramentas informáticas gerais e específicas (Exemplos: Visio Excel, MsProject, @Risk); bem como a projeção de vídeos e jogos de simulação (Ex. Simultrain®).

Os estudantes desenvolvem trabalho individual durante a aplicação das matérias no estudo de casos teóricos e/ou reais previstos na leção prática e laboratorial, exigindo pesquisa de informação técnica em bases de dados científicas de referência, aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações específicas, quer no desenvolvimento de trabalhos individual quer de grupo.

Os trabalhos de grupo serão desenvolvidos em abordagem por “projeto”, necessitando da utilização de competências de liderança, comunicação e negociação com apresentações em classe, permitindo que os alunos complementem e difundam conhecimentos adicionais; bem como, o desenvolvimento das suas competências de comunicação, liderança e trabalho em equipa. O relatório da equipa é entregue na forma de um “plano de gestão de um projeto ou na proposta de relatório de análise e ação sobre um projeto, como base para futuras participação académica ou profissional em projetos reais.

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

In this Curricular Unit UC teaching is directed to the introduction and exploitation of different project management frameworks, based on international and national practices and standards for and related to the project management field, including in a limited extension program and portfolio management.

The training examples used an approach based on “case studies” covering various topics. Support materials include the use of different general and specific software (Examples: Visio Excel, MsProject, @Risk) as well as the projection of videos as well as game scenario simulations (Ex. Simultrain®).

Students progress within individual and workgroup efforts developing the training examples and during case study development, respectively.

These autonomous efforts require shared technical information, searches in scientific reference databases, lectured subjects adapted and applied to specific situations of the group work. The group works will be developed in a case-based approach which includes leadership, communication and negotiation skills usage and class work presentations. This allows students to complement and spread additional knowledge, as well as the development of their communication skills, leadership and teamwork. The work team report is delivered in the form of a “project management plan or a project action report development, as groundwork for future writings to be developed in future academic or professional project participations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

CoEPM2 (2018). PM2 Project Management Methodology (Guide 3.0). Centre of Excellence in Project Management (CoEPM2)

PMI (2017). The standard for business analysis. Project Management Institute.

PMI (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (6th ed.). Project Management Institute.

IPMA (2018). Individual Competence Baseline (V4.0). International Project Management Association

PMI (2019). Benefits Realization Management: A practice guide. Project Management Institute

PMI (2019). The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects. Project Management Institute

PMI (2020). The Standard for Earned Value Management. Project Management Institute

IPMA (2018). Individual Competence Baseline (V4.0). International Project Management Association

Mapa IV - Fundamentos de Economia e Finanças

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos de Economia e Finanças

4.4.1.1. Title of curricular unit:

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Maria Rosário Cabrita - T: 28h

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

Pedro Espadinha Cruz; PL: 28h

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

No final desta unidade curricular, os estudantes terão adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitem:

- Entender os conceitos básicos da economia e finanças do sector aeroespacial e sua aplicação nas decisões de investimento;*
- Aplicar as metodologias de análise custo/benefício;*
- Utilizar métodos de avaliação financeira em decisões de engenharia relacionadas com a elaboração, planeamento e implementação de projetos de investimento aeroespacial;*
- Analisar dados relacionados com as receitas e os custos gerados no âmbito de um projeto com vista ao processo de tomada de decisão que justifique ou rejeite projetos alternativos numa base económica.*

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 allow them to:

- Understand the basic concepts of finance and economy of the aerospace sector and its application in investment decisions;*
- Apply the methodologies of cost/benefit analysis;*
- Use methods of financial evaluation in engineering decisions related to designing, planning and implementation of aerospace projects;*
- Analyse cost/revenue data and carry out decision making process to justify or reject alternative projects on an economic basis.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à Economia e Finanças Aeroespaciais

1.1 – Fundamentos da economia aeroespacial

1.2 - Valor temporal do dinheiro, Capitalização e Atualização

1.3 - Taxas de juro

2. O Processo de Tomada de Decisão

2.1- Cash Flow

2.2 - Valor presente e valor futuro

3. Avaliação de Investimentos - Seleção de Alternativas no contexto Aeroespacial

3.1 - Seleção de alternativas de investimento com base no valor presente (VAL), na análise custo/benefício, na TIR e no payback

3.2- Determinação do rácio B/C

4. Avaliação de Alternativas de Investimento em Contextos Particulares

4.1 - Análise de alternativas de investimento num contexto de restrição financeira.

4.2 - Risco e incerteza na avaliação de alternativas de investimento.

4.4.5. Syllabus:

1 - Introduction to Aerospace Economics and Financials

1.1 Fundamentals of aerospace economy

1.2. Time Value of Money, Compound and Discount concepts

1.3. Interest rates

2 - The Process of Decision Making

2.1. Cash flow diagram

2.2. Present and future value

3 - Investment Analysis: Selection of Alternatives in Aerospace context

3.1. Selection of investment alternatives based on NPV, cost/benefits analysis, IRR and on the pay-back period

3.2. Cost/benefits analysis

4- Evaluation of Investment Alternatives in Particular Contexts

4.1. Comparing analysis in a context of financial restrictions

4.2. Risk and uncertainty

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

O 1º objetivo de aprendizagem (OA) foca-se na compreensão dos conceitos e dinâmicas da Economia do sector, sua utilidade e abrangência, pelo que o 1º conteúdo programático (CP) a fornecer são conceitos básicos de economia e cálculo financeiro e contribui para a consecução daquele objetivo;

O 2º OA está na compreensão da análise custo/benefício e sua aplicação nas decisões de investimento, pelo que a 2ª parte do CP ao introduzir as noções de cash flow, valor presente e valor futuro concorre para a concretização daquele objetivo;

O 3º OA pretende preparar os estudantes para a utilização de métodos de avaliação financeira em decisões de investimento, pelo que a 3ª parte do CP ao abordar o VAL, a TIR e o Payback fornece a abordagem à realização do objetivo;

O 4º OA pretende dotar os estudantes dos conhecimentos necessários à rejeição ou aceitação de investimentos alternativos. O 4º ponto do CP fornece as competências técnicas e analíticas ao objetivo visado.

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

The 1st learning objective (LO) is focused on the understanding of the concepts and dynamics of aerospace economics and financials, its usefulness and scope, thus the 1st programmatic content (PC) by providing the basic concepts of economy and financial engineering contributes to the achievement of that objective;

The 2nd LO is to understand the cost/benefit analysis and its application in investment decisions, and thus the 2nd part of the PC by introducing the notions of cash flow, present value and future value contributes for the accomplishment of that objective;

The 3rd LO is to prepare students for the use of financial evaluation methods in investment decisions, thus the 3rd part of the PC in addressing the NPV, IRR and Payback provides the approach to achieving the goal;

The 4th LO is intended to prepare students with the necessary knowledge to reject or accept alternative investments. The 4th point of the PC provides technical and analytical skills to the intended objective.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O método de ensino baseia-se nos seguintes princípios:

- Exposição oral por parte do docente;
- Realização de exercícios;
- Apresentação e debate dos exercícios em grupo;
- Avaliação de conhecimento e desempenho individual.

A avaliação final terá por base o desempenho ao longo do semestre: 3 testes (T1, T2, T3) durante o semestre.

A nota final de TF será composta da seguinte maneira: $\text{Nota final} = 0,3 \cdot T1 + 0,30 \cdot T2 + 0,40 \cdot T3$.

A aprovação ocorre se a Nota Final for igual ou superior a 9,5 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching method is based on the following principles:

- Oral presentation by the teacher;
- Resolution of exercises
- Presentation and discussion of exercises in group;
- Assessment of knowledge and individual performance.

The final evaluation will be based on the performance during the semester: 3 Tests (T1, T2, T3) during the semester.

The final grade of TF will be composed as follows: $\text{Final grade} = 0,3 \cdot T1 + 0,3 \cdot T2 + 0,4 \cdot T3$.

Approval occurs if the Final Mark is equal to or greater than 9.5 points.

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

A lecionação da unidade curricular é realizada combinando uma vertente expositiva, e uma vertente aplicada de resolução de desafios e problemas, ambas ocorrendo nas aulas teóricas e práticas. Existem ainda sessões de orientação tutorial para acompanhamento do autoestudo realizado.

Na componente expositiva são expostos os conteúdos teóricos, acompanhados por exemplos práticos de cada matéria para melhor compreensão dos conceitos teóricos. São também apresentados problemas para que os estudantes possam resolver por eles próprios, sendo posteriormente feita a explicação de cada desafio.

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

The lecturing of this curricular unit is carried out combining an expository, and an applied dimension of problems and challenges, both occurring in the theoretical and practical classes. There are also tutorial sessions to follow up the self-study.

In the expository component the theoretical contents are presented, accompanied by practical examples of each subject for a better understanding of the theoretical concepts. Also presented are problems so that students can solve for themselves, and then explained each exercise.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

• *Sebenta da UC com Teoria e Exercícios / Textbook with theory and exercises of the Curricular Unit*

Livros de apoio / supporting books

• Hartley, K. (2015) "The Political Economy of Aerospace Industries", Edward Elgar Publishing

• Matias, R. (2018) Cálculo Financeiro - Teoria e Prática. 6a Edição. Lisboa: Escolar Editora.

• Blank, L. T. e Tarquin, A. J., "Engineering Economy", Macgraw-Hill Editions-Industrial Engineering Series, Singapore, 1998.

Mapa IV - Tópicos Avançados em Mecânica Estrutural

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos Avançados em Mecânica Estrutural

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Topics in Structural Mechanics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMI

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Pedro Samuel Gonçalves Coelho - TP-14 PL-14

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

João Mário Burguete Botelho Cardoso - TP-14 PL-14

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

O objetivo da disciplina é ensinar dois tópicos avançados e importantes na área da Engenharia Mecânica e Aeroespacial, com impacto no projeto e construção de estruturas mais eficientes (e.g. mais leves e resistentes):

(1) Otimização Estrutural. Os alunos aprendem a otimizar as dimensões, a forma e a topologia de componentes estruturais, tendo em vista aplicações onde medidas de performance (e.g. peso, tensão, deformação) podem e devem ser melhoradas.

(2) Materiais Compósitos Laminados. Estuda-se o comportamento mecânico dos materiais compósitos constituídos por uma matriz reforçada por fibras, dispostos em várias lâminas de forma a constituírem um laminado. Os alunos deverão compreender o comportamento típico dos laminados através de modelos analíticos e numéricos (de elementos finitos).

No final, o aluno deverá ser capaz de articular algoritmos de otimização com programas de análise estrutural por elementos finitos e encontrar soluções estruturais mais eficientes.

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

The purpose of the course is to teach two advanced and important topics of Mechanical and Aerospace Engineering, with an impact on the design and construction of more efficient structures (e.g. lightweight structures):

(1) Structural Optimization. Students learn to optimize the size, shape and topology of structural components for applications where performance measures (e.g. weight, stress, strain) can and should be improved.

(2) Laminated Composite Materials. The mechanical behavior of composite materials made up of fiber-reinforced matrices, arranged in several layers to form a laminate, is studied. Students should understand the typical behavior of laminates through analytical and numerical (finite element) models.

In the end, the student should be able to combine optimization algorithms with finite element structural analysis programs and find more efficient structural solutions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Módulo de Otimização Estrutural:

- *Formulação de problemas de otimização de dimensões, de forma e de topologia.*
- *Otimização restringida e não restringida. Conceito de multiplicador de Lagrange. Otimização linear e não linear. Condições de optimalidade (KKT). Otimização contínua e discreta.*
- *Funcionamento dos algoritmos baseados no gradiente.*
- *Funcionamento dos algoritmos evolutivos.*
- *Resolução analítica e numérica de problemas de otimização de estruturas em domínios discretizados através de elementos finitos de barra, viga e elasticidade plana.*

Módulo de Materiais Compósitos:

- *Introdução aos materiais compósitos constituídos por uma matriz reforçada com fibras.*
- *Comportamento macromecânico de uma lâmina. Relações tensão-deformação para materiais anisotrópicos.*
- *Comportamento micromecânico de uma lâmina. Comportamento de laminados. Modos de falha e critérios de falha.*
- *Modelos numéricos de compósitos: micro, meso e macro escala.*
- *Modelação e análise numérica de compósitos.*

4.4.5. Syllabus:

Structural Optimization Module:

- *Formulation of size, shape and topology optimization problems.*
- *Constrained and unconstrained optimization. The Lagrange multiplier concept. Linear and non-linear optimization. Optimality conditions (KKT). Continuous and discrete optimization.*
- *Functioning of gradient-based algorithms.*
- *Functioning of evolutionary algorithms.*
- *Analytical and numerical solution of structural optimization problems in domains discretized through finite elements of different types: bar, beam and plane elasticity.*

Composite Materials Module:

- *Introduction to composite materials made up of fiber-reinforced matrices.*
- *Macromechanical behavior of a lamina. Stress-strain relationships for anisotropic materials.*
- *Micromechanical behavior of a lamina. Laminate materials behavior. Failure modes and failure criteria.*
- *Numerical models of composites: micro, meso and macro scale.*
- *Numerical modeling and analysis of composites.*

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

O objetivo desta disciplina é proporcionar ao aluno a aprendizagem de algumas matérias de grande importância em mecânica estrutural. O estudo do comportamento mecânico dos materiais compósitos, constituídos por uma matriz reforçada por fibras. A aprendizagem dos conceitos mais importantes e das metodologias atualmente utilizadas em otimização estrutural.

A aplicação prática dos conceitos lecionados envolve a utilização de linguagens de programação (OCTAVE/PYTHON) e também o uso de programa comercial de elementos finitos (ANSYS), oferecendo ao aluno a possibilidade de obter uma formação mais sólida nestes domínios.

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

The objective of this course is to provide the student with the possibility of learning important subjects in structural mechanics. The study of the mechanical behavior of composite materials, comprised by fiber-reinforced matrix. The study of the most important concepts and methodologies currently used in structural optimization.

The practical application of the concepts taught involves the use of programming languages (OCTAVE/PYTHON) as well as the use of commercial finite element programs (ANSYS), giving the student the possibility to gain solid background on these areas.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino é feito baseado em aulas teóricas e aulas laboratoriais. As aulas teóricas são feitas com escrita no quadro em sala de aula e projeção em tela de conteúdos. No laboratório, cada estudante tem acesso ao terminal de um computador com o software necessário (OCTAVE/PYTHON e ANSYS). Para ter aprovação na disciplina através de avaliação contínua aplica-se a seguinte fórmula: $0,35 \times TR1 + 0,35 \times TR2 + 0,30 \times T \geq 10$ em que,

TR1 – Projeto sobre otimização estrutural para ser feito em grupo utilizando OCTAVE/PYTHON e ANSYS.

TR2 – Projeto sobre compósitos laminados para ser feito em grupo utilizando o ANSYS.

*T – Teste individual sobre os fundamentos teóricos de compósitos laminados e sobre otimização estrutural. No caso de reprovação na avaliação contínua o aluno faz o exame E, aplica-se a seguinte fórmula:
 $0,35 \times TR1 + 0,35 \times TR2 + 0,30 \times E \geq 10$
 O exame E tem nota mínima de 9,5val de 20 no máximo.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching relies on theoretical and Lab classes. Notes at the blackboard are given as well as PowerPoint slideshows. At the lab sessions the students interact with desktop computers using the installed software (OCTAVE/PYTHON and ANSYS). To be approved in the course through continuous evaluation, the following formula applies:

$0,35 \times TR1 + 0,35 \times TR2 + 0,30 \times T \geq 10$ where,

TR1 – Project on structural optimization requiring teamwork and using OCTAVE/PYTHON and ANSYS.

TR2 – Project on laminated composites requiring teamwork and using ANSYS.

T – Individual test about the theoretical fundamentals on laminated composites and structural optimization.

In the case of unsuccess in the previous continuous evaluation, the following formula applies:

$0,35 \times TR1 + 0,35 \times TR2 + 0,30 \times E \geq 10$

The minimum grade for the exam, E, is 9,5val out of 20.

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

Neste curso ensina-se a mecânica dos materiais compósitos laminados constituídos por resinas reforçadas com fibras e otimização estrutural, com uma forte base teórica em ambas as matérias. Para consolidar a aprendizagem, as aulas teóricas são acompanhadas por aulas práticas de laboratório. Para tal os alunos usam computadores pessoais em aulas de laboratório com programas instalados específicos para a análise de compósitos e para otimização de estruturas mecânicas. Os estudantes adquirem conhecimento sobre como utilizar esses programas através da resolução de problemas didáticos. Em seguida os alunos são estimulados a resolver dois projetos finais mais longos e complexos trabalhando em equipa, um sobre compósitos e o outro sobre otimização. Para avaliar as bases teóricas do aluno são realizados testes manuscritos individuais.

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

This course teaches mechanics of laminated composite materials made of fiber-reinforced resins and structural optimization, with a strong theoretical basis in both subjects. To consolidate learning skills, theoretical classes are followed by practical Lab sessions. To this end, students use personal computers in laboratory classes with specific software installed for composites analysis and optimization of mechanical structures. They acquire knowledge on how to use the computational programs when applying them to solve practical problems. Then students are encouraged to solve two longer and more complex final projects working as a team, one project on composites and another one on optimization. To evaluate the theoretical background of the student, individual handwritten tests are carried out.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Mechanics of Composite Materials, Robert M. Jones, Taylor & Francis, London, 1999

Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells – Theory and Analysis, 2nd Ed., J. N. Reddy, CRC Press, 2003

Introduction to Optimum Design, Fourth Edition, Jashbir S. Arora, Science Direct, 2016

Topology Optimization – Theory, Methods, and Applications, M.P. Bendsøe and O. Sigmund, Springer, 2004

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 Applications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Raúl Eduardo Capela Tello Rato - 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):

Após concluir a disciplina com aproveitamento o aluno terá o domínio dos principais conceitos e ferramentas analíticas para análise e processamento de sinais na vertente da sua aplicação prática. Nesta disciplina o aluno torna-se capaz de utilizar ferramentas analíticas e computacionais na resolução de problemas reais em processamento de sinal, de molde a poder analisar e manipular sinais tanto no domínio do tempo como da frequência e aplicar estas técnicas a sinais áudio, biológicos, de controle, provenientes de sensores, de rádio ou radar, entre outros. A disciplina promove capacidades de iniciativa, espírito crítico, autonomia e de concretização.

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

After successfully completing the course, the student will master the main concepts and analytical tools for the analysis and processing of signals in terms of their practical application. In this discipline the student becomes able to use analytical and computational tools to solve real problems in signal processing, in order to analyze and manipulate signals both in the time and frequency domains and apply these techniques to audio or biological signals, control and sensors signals, radio or radar signals, among others. The discipline promotes capacities for initiative, critical spirit, autonomy and achievement.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Processamento multirritmo de sinais.*
- 2. Estimação do espectro de potência.*
- 3. Utilização de janelas.*
- 4. Filtros ótimos.*
- 5. Detecção clássica.*
- 6. Detecção cega.*
- 7. Deconvolução.*
- 8. Exemplos de aplicações de sinais*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Multirhythm signal processing.*
- 2. Power spectrum estimation.*
- 3. Use of windows.*
- 4. Optimal filters.*
- 5. Classic detection.*
- 6. Blind detection.*
- 7. Deconvolution.*
- 8. Examples*

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

O conjunto de temas abordados é comum à maioria dos cursos avançados de processamento de sinais em estabelecimentos de ensino superior nacionais e estrangeiros. 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 a aprendizagem progressiva e consolidada dos novos conceitos. Os temas tratados são de aplicação avançada.

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

The syllabus is similar to that found in advanced courses on signal processing from other universities. The syllabus organization provides a flow of subjects that renders natural the transition from one chapter to the next, allowing to exploit common elements and a progressive understanding of new concepts. The different subjects addressed are for advanced applications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A disciplina está organizada em aulas teórico - práticas/laboratoriais. Nas aulas, os conceitos introduzidos são aplicados, primeiro de um ponto de vista analítico e, depois, através de trabalhos práticos e de aplicação. Cada aula visa a compreensão de um tema ou de uma técnica.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The discipline is organized in theoretical - practical / laboratory classes. In classes, the concepts introduced are applied, first from an analytical point of view and, later, through practical and application work. Each class aims to understand a theme or a technique.

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 capacidade de usar um conjunto de ferramentas analíticas essenciais à atividade de um engenheiro eletrotécnico. Pretende-se também que os alunos dominem as principais ferramentas computacionais, usadas para análise e processamento de sinais. Primeiramente, os alunos são confrontados com os conceitos e ferramentas analíticas. Usa-se uma abordagem construtiva, utilizando recursivamente conceitos já adquiridos para a elaboração de novo conhecimento. Seguidamente, os alunos são confrontados com a necessidade de usarem os novos conhecimentos e capacidades para a resolução de problemas, com o apoio do docente. Finalmente, os alunos realizam, autonomamente, atividades destinadas a consolidar a compreensão dos temas e a habilitá-los a resolver problemas reais. Uma parte do esforço exigido pela disciplina é realizado como trabalho de grupo.

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

The course aims to ensure students the understanding and ability to use a set of analytical tools essential to the activity of an electrical engineer. It is also intended that students master the main computational tools used for analysis and processing in signals and systems. First, students are confronted with analytical concepts and tools. A constructive approach is used, recursively using concepts already acquired for the elaboration of new knowledge. Next, students are confronted with the need to use new knowledge and problem-solving skills with the support of the teacher. Finally, students carry out activities aimed at consolidating their understanding of the subjects and enabling them to solve real problems. Part of the effort required by the discipline is done as group work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Documentos e acetatos sobre matéria teórica, prática e de laboratório./ Documents and transparencies covering theory, practice and lab subject matters.
F.Coito e M.D.Ortigueira, 2021, Notas de Análise de Sinais, FCT-NOVA.
Alan V. Oppenheim e Ronald Schafer, 2010, Digital Signal Processing, 3rd Edition, Pearson.
Jonathan Stein, 2000, Digital Signal Processing: A Computer Science Perspective, Wiley-Interscience
S. Lawrence Marple Jr., 2019, Digital Spectral Analysis - 2nd ed, Dover
Ralph D. Hippenstiel, 2001, Detection Theory: Applications and Digital Signal Processing, CRC Press

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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; TP-28 PL-28

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

<sem resposta>

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

A disciplina 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 práticos.

Objetivos:

Saber

*Controlo ótimo polinomial;
Controlo ótimo no Espaço de Estado;
Modelos cognitivos de decisão;
Controlo manual.*

Fazer

*Conceptualização de problemas de controlo;
Implementação de algoritmos de controlo;
Aplicação de técnicas de controlo a processos.*

Soft-Skills / Soft Skills

*Análise de requisitos e capacidade de abstração de problemas;
Trabalho colaborativo;
Gestão de expectativas;*

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 polynomial optimal control, optimal control in state-space, human factors and cognition, human in the loop/manual control.

Knowledge

*Polynomial optimal control;
Optimal control in state-space;
Cognitive decision models;
Manual control.*

Know-how

*Practical control problems conceptualization;
Implementation of control algorithms using Matlab;
Testing control techniques on several laboratory setups.*

Soft-Skills / Soft Skills

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

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Controlo ótimo em sistemas descritos por funções de transferência em tempo discreto*
- 2. Filtro de Kalman em tempo discreto*
- 3. Controlo ótimo em tempo discreto em sistema descritos no espaço de estado*

- a) Problema de regulação*
- b) Problema de seguimento*
- c) Formulação para horizontes infinitos*

4. Técnicas de computação evolutiva

- a) Introdução à otimização*
- b) Algoritmos evolutivos*
- c) Algoritmos genéticos*
- d) Otimização com base em inteligência coletiva*
- e) Restrições*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Optimal control for polynomial systems*
- 2. Kalman filter*
- 3. State space optimal control*

- a) Regulation problem
- b) Tracking problem
- c) Infinite horizon problems

4. Evolutionary computation

- a) Introduction to optimisation
- b) Evolutionary algorithms
- c) Genetic algorithms
- d) Swarm intelligence
- e) Constraints

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

As aulas práticas possibilitam aos estudantes 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 estudantes 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 estudantes um grau de envolvimento, cooperação, coordenação e gestão de tempo. Tais requisitos reforçam a preparação dos estudantes 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 contribute definitely to the preparation of students for their future professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas referentes às matérias são explicados pelo docente nas aulas TP, complementados com problemas de aplicação. Nas aulas práticas os estudantes implementam as várias técnicas de estudadas nas aulas TP, através de 3 trabalhos e sob acompanhamento do docente. Estes trabalhos que se apresentam como mini-projetos são propostos sob a forma de guiões, através dos quais os estudantes são orientados do ponto de vista metodológico.

A avaliação é feita através de 3 trabalhos de grupo de dois alunos complementados com 1 teste final. A classificação final é obtida através da média ponderada da nota prática ($NP \geq 10V$) com a média das notas dos testes ($NT \geq 10V$), com coeficientes de ponderação, 0,4 e 0,6, respetivamente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques are explained by the lecturer in TP classes, and complemented with exercises. These problems are solved by students with the supervision of the instructor. In the laboratory classes, students are asked to implement the control techniques and system identification concepts presented in the theoretical classes. In this context, students in groups of two people have to solve three lab works. Students are scored based on three projects and one test. The final grade is obtained as a weighted summation of the mean of the lab-works grade (NP) and the test's score (NT).

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 disciplina, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências contínua. É com este objetivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspetos centrais dos 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 sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os 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 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, por parte dos estudantes.

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 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 assignments, which foster group cooperation, deadlines and expectations management among students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Controlo ótimo em sistemas descritos por polinómios, Paulo Gil, UNL, 2006
Controlo Ótimo em Tempo Discreto, Paulo Gil, UNL, 2006
Filtro de Kalman em Tempo Discreto, Paulo Gil, UNL, 2006
Computação Evolutiva, Paulo Gil e Fábio Januário, 2021

Recomendados:

Optimal Control, Frank Lewis and V. Syrmos, 1995
Adaptive Control, K. Astrom & B. Wittenmark, Addison Wesley, 1995
System Identification, L. Ljung, Prentice-Hall, 1999
Eiben, A. E., Smith, J. E. (2003). Introduction to Evolutionary Computing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
Fleming, P., Purshouse, R. (2002). Evolutionary algorithms in control systems engineering: a survey. Control Engineering Practice.

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 - 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):

Nesta unidade curricular pretende-se que os alunos fiquem com uma visão global dos métodos e arquiteturas de decisão e controlo utilizadas em sistemas ciber-físicos, compreendendo as potencialidades destes, mas também as suas limitações. Em simultâneo, pretende-se que tenham também uma experiência de desenho e implementação de estratégias de controlo que ofereçam soluções para um problema concreto.

Neste sentido, os objetivos de aprendizagem concretos que se esperam nesta disciplina são os seguintes:

OA1. Analisar e modelar sistemas dinâmicos complexos tendo em vista a aplicação das estratégias de controlo

abordadas;

OA2. Compreender e desenhar controladores preditivos baseados em modelos;

OA3. Compreender as diferentes arquiteturas de controlo e implicações do uso de redes de comunicação para controlo;

OA4. Desenvolver soluções para problemas concretos de decisão e controlo em sistemas ciber-físicos.

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

In this curricular unit the students will have a broad perspective of the methods and architectures of decision and control for cyber-physical systems, understanding their potential and limitations. Simultaneously, the students will have an experience of design and implementation of control strategies that can offer solutions to a concrete problem.

To this end, the intended learning outcomes for this curricular unit are the following:

OA1. Analyze and model complex dynamical systems in order to apply the addressed control strategies;

OA2. Understand and design model-based predictive controllers;

OA3. Understand the different control architectures and implications of using communication networks for control;

OA4. Develop solutions to concrete decision and control problems in cyber-physical systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

M0. Introdução e desafios em sistemas ciber-físicos

M1.1. Representação de sistemas por modelo de estado em tempo discreto

M1.2. Otimização e controlo ótimo

M2.1. Introdução ao projeto de sistemas preditivos de controlo baseados em modelos (MPC)

M2.2. Inclusão de restrições no projeto MPC

M3.1. Controlo preditivo não linear (NMPC)

M3.2. Análise de viabilidade e estabilidade

M4.1. Projeto de MPC descentralizado

M4.2. Projeto de MPC distribuído (DMPC)

M4.3. Otimização distribuída e controlo em rede

M5.1. Modelação de sistemas híbridos

M5.2. Controlo preditivo de sistemas híbridos

4.4.5. Syllabus:

M0. Introduction and challenges in cyber-physical and energy systems

M1.1. Discrete-time systems state model representation

M1.2. Optimization and optimal control

M2.1. Introduction to the design of Model-based Predictive Control systems (MPC)

M2.2. Adding Constraints to the MPC design

M3.1. Nonlinear model-based predictive control (NMPC)

M3.2. Feasibility and stability analysis

M4.1. Decentralized MPC design

M4.2. Distributed MPC design

M4.3. Distributed optimization and networked control

M5.1. Modeling of hybrid systems

M5.2. MPC design for hybrid systems

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular abordam os objetivos de aprendizagem OA1 a OA3, nomeadamente, analisando sistemas dinâmicos complexos, desenhando controladores preditivos e estudando diversas arquiteturas de controlo e as implicações do uso de redes de comunicação para este fim. Relativamente ao objetivo de aprendizagem OA4, este deverá estar presente em todos os módulos dos conteúdos, sendo abordado de forma mais direta nas metodologias de ensino e avaliação, sendo a formação suportada num conjunto de exemplos realistas na área de sistemas ciber-físicos, em particular, na produção e distribuição de energia.

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

The syllabus of this curricular unit addresses the learning outcomes OA1 to OA3, namely, analyzing complex dynamical systems, designing model-based predictive controllers, and understanding the advantages and limitations of using different architectures and communication networks for control purposes. In addition, the learning outcome OA4 will be present in every unit of the syllabus, noting that the teaching and assessment methodologies will address this learning outcome more directly, while also using a set of realistic examples of cyber-physical systems, in particular, in the production and distribution of energy.

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 práticas (ou de laboratório), são direcionadas para o desenvolvimento das técnicas abordadas nas aulas teóricas aplicadas a casos concretos, tendo em vista o seu teste experimental a consequente análise dos resultados. Está previsto que a unidade possa funcionar em modo de Blended-Learning (B-Learning), onde a introdução dos conteúdos é feita de forma assíncrona com recurso ao Moodle, enquanto as aulas síncronas (presenciais ou online) são usadas para a consolidação de conteúdos, esclarecimento de dúvidas e para a resolução de problemas mais complexos. O uso de técnicas de aprendizagem ativa será também fomentada.

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 practical (or laboratory) classes are directed to the development of the techniques addressed in the theoretical classes applied to concrete cases, with the goal to obtain experimental results and their analysis.

The course may use a Blended Learning (B-Learning) methodology, where new contents are introduced asynchronously using Moodle, while the synchronous classes (either in person or online) are used to consolidate the contents, addressing students questions, and solving more complex problems. The use of active learning techniques will also be encouraged.

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

A divisão entre aulas teórico-práticas e aulas laboratoriais pretende responder de forma direta, não só a todos os objetivos propostos em termos de conteúdos (OA1 a OA3), mas também levar os alunos a dimensões de conhecimento mais avançadas, em particular, abordando o objetivo de aprendizagem OA4 através da realização de trabalhos laboratoriais assentes em problemas concretos, bem como na escrita de um artigo sobre um tópico teórico avançado. Por outro lado, as metodologias de ensino e a respetiva avaliação, com especial destaque para o modelo Blended Learning e o uso de métodos de aprendizagem ativa, fomentam a autonomia dos alunos tanto no estudo de matérias novas, como na obtenção de soluções de engenharia para os problemas em mãos.

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

The division into theoretical and laboratory classes aims to respond directly, not only to all the objectives proposed in terms of contents (OA1 to OA3), but also to bring students to higher dimensions of knowledge, in particular, addressing the OA4 learning objective by carrying out laboratory work based on concrete problems, as well as writing an article on an advanced theoretical topic. On the other hand, the teaching and assessment methodologies, namely the use of the Blended Learning model and active learning techniques, will foster the students' autonomy both for the study of new subjects and obtaining engineering solutions for the problems at hand.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Recomendada:

- Slides das aulas teóricas, Bruno Guerreiro, 2021.*
- Predictive Control for Linear and Hybrid Systems, Borrelli, Bemporad, Morari, Cambridge, 2017.*
- Model Predictive Control: Theory, Comp., and Design, J. Rawlings, D. Mayne, M. Diehl, Nob Hill, 2017.*

Complementar:

- Exercícios, Bruno Guerreiro, 2021.*
- Enunciados dos projetos, Bruno Guerreiro, 2021.*
- Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB, Liuping Wang, Springer, 2009.*
- Predictive control: with constraints, Jan Marian Maciejowski, Pearson education, 2002.*
- Hybrid Systems: Modeling, Analysis and Control, J. Lygeros, C. Tomlin, and S. Sastry, 2008.*
- MATLAB Primer: https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf*
- Simulink User Guide: https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_using.pdf*

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP-28 PL-28

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

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
A disciplina promove aprendizagem de conceitos relativos à análise e projeto de sistemas de controlo no espaço de Estado, designadamente, por retroação de variáveis de estado, focando ainda conceitos sobre sistemas dinâmicos não lineares. A disciplina contribui para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática destes tópicos. Paralelamente, os estudantes implementam em Matlab as várias técnicas de controlo e identificação, sendo posteriormente testadas em processos didáticos.

Objetivos:

Saber: Modelação de sistemas; Projeto de sistemas de controlo no espaço de Estado e de observadores; Análise de Sistemas dinâmicos não lineares, através do Plano de Fase e da Função Descritiva.

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

Soft-Skills: Análise de requisitos e capacidade de abstração de problemas; Trabalho colaborativo; Gestão de expectativas e 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 control systems, namely, dynamic systems analysis and state feedback control system. Additionally, the concepts of nonlinearity are studied with emphasis on phase plane analysis and Describing Function.

Knowledge

Dynamic systems modeling;

State feedback control systems and state observers;

Nonlinear systems analysis based on the Phase Plane and Describing Functions.

Know-how

Practical control problems conceptualization;

Implementation of control algorithms using Matlab;

Testing control techniques on several laboratory setups.

Soft-Skills / Soft Skills

Requirement analysis and abstraction ability;

Expectation management;

Decision making skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Análise de sistemas descritos no espaço de estado: Modelo de estado; Matriz de transição e solução da equação de estado; Valores próprios e vetores próprios; Propriedades associadas ao modelo de estado

Sistemas de controlo por retroação do estado: Colocação de polos (escolha de valores próprios); Seguimento de referência; Observadores de estado

Sistemas não lineares: Análise de sistemas no plano de fase; estabilidade no sentido de Lyapunov

Controlo de sistemas não-lineares: Geometria diferencial; linearização por retroação

4.4.5. Syllabus:

State space systems analysis: State space model; State transitions matrix and state equation; Eigen values and eigen vectors; State space representation properties

State feedback control systems: Pole placement; Set-point tracking; State observers

Nonlinear systems: phase plane analysis; Lyapunov stability concepts

Nonlinear control systems: Differential geometry; input-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 estudantes 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 estudantes 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 estudantes um grau de envolvimento, cooperação, coordenação e gestão de tempo. Tais requisitos reforçam a preparação dos estudantes 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 contribute definitely to the preparation of students for their future professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas referentes às matérias são expostos pelo docente nas aulas TP, complementados com resolução de problemas. Nas aulas práticas os estudantes implementam as várias técnicas de estudadas, sob acompanhamento do docente.

A avaliação é feita através de 2 trabalhos de grupo de dois alunos complementados com 2 testes. A classificação final na disciplina é efetuada através da média ponderada da nota prática ($NP \geq 10V$) com a média dos testes ($NT \geq 10V$), adotando-se como coeficiente de ponderação 0,3 e 0,7, respetivamente.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques are explained by the lecturer in TP classes, complemented with exercises. In the laboratory classes, students are asked to implement the control techniques and system identification concepts presented in the theoretical classes. In this context, students in groups of two people have to solve three lab works, supervised by an instructor.

Students are scored based on two projects and two tests. The final score is found as a weighted summation of the mean of the lab-works grade (NP) and the mean of tests score (NT). Both NP and NT must be greater than 10.

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 disciplina, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências contínua. É com este objetivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspetos centrais dos 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 sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os 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 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, por parte dos estudantes.

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 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 assignments, which foster group cooperation, deadlines and expectations management among students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Paulo Gil, 2021, Notas de Sistemas de Controlo, FCT-NOVA.

B. J. Kuo, 2003, Automatic Control Systems, John Wiley & Sons; 8th Edition.

Katsyhiko Ogata, 2009, "Modern Control Engineering", 5th ed. Prentice Hall

Katsyhiko Ogata, 2003, "System Dynamics", 3rd Ed., Prentice Hall

Franklin; Powell, 2019, Emami-Naeini "Feedback Control of Dynamic Systems", 8th Ed., Addison-Wesley

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP-28 PL-28

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

<sem resposta>

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

A disciplina promove aprendizagem de conceitos relativos às técnicas avançadas de controlo, designadamente, o controlo adaptativo, a identificação de sistemas, o controlo neuronal e sistemas difusos. Esta contribui para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática destes tópicos, sendo esta concretizada através da realização de trabalhos laboratoriais. Nestes trabalhos os alunos, implementam em Matlab as várias técnicas estudadas, sendo posteriormente testadas em processos didáticos.

Objetivos:

*Identificação e controlo adaptativo;
Redes neuronais;
Controlo difuso.*

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 approach;
Neural network in system identification and control of nonlinear systems;
Fuzzy logic and fuzzy control.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

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

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

Redes Neuronais Artificiais: 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 multilayer networks; Approximation properties; Supervised training in multilayer 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 estudantes 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 estudantes 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 estudantes um grau de envolvimento, cooperação, coordenação e gestão de tempo. Tais requisitos reforçam a preparação dos estudantes 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 theirs intrinsic features and complexity these lab works call for each group commitment, coordination, engagement and time managing, which, as a whole, will contribute definitely to the preparation of students for their future professional life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conceitos e técnicas referentes às matérias são explicados pelo docente nas aulas TP, complementados com problemas de aplicação. Nas aulas práticas os estudantes implementam as várias técnicas de estudadas nas aulas TP, através de 3 trabalhos e sob acompanhamento do docente. Estes trabalhos que se apresentam como mini-projetos são propostos sob a forma de guiões, através dos quais os estudantes são orientados do ponto de vista metodológico.

A avaliação é feita através de 3 trabalhos de grupo de dois alunos complementados com 1 teste final. A classificação final na disciplina é efetuada através da média ponderada da nota prática ($NP \geq 10V$) (0,4) com a nota dos testes ($NT \geq 10 V$) (0,6).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Concepts and techniques are explained by the lecturer in TP classes and complemented with exercises. These problems are solved with the supervision of the instructor. Concerning the laboratory classes, students are asked to implement the control techniques. Students arranged in groups of two people have to carry out three lab works. Each proposed lab work is presented with guidelines that guides the students throughout the lab-work.

Students are scored with three projects and a final test. The final score is obtained as a weighted summation of the mean of the lab-works grade (NP) and the tests' score (NT): $NF = 0.5 \cdot (NP + NT)$. Both NP and NT must be greater than 10.

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 disciplina, procurando uma aprendizagem de conhecimentos e competências contínua. É com este objetivo que são propostos trabalhos práticos que abordam aspetos centrais dos 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 sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os 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 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, por parte dos estudantes.

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 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 labworks, which foster group cooperation, deadlines and expectations management among students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bibliografia Base / Main references

Identificação e Controlo Adaptativo, Paulo Gil, 2002

Bibliografia Complementar / Additional references

System Identification, Lennart Ljung, 1987

System Identification and Control Design, I. Landau, 1990

Neural Network Design, M. Hagan, 1996

Neuro-Fuzzy and Soft Computing, Jang, Sun e Mizutani, 1995

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 Figueira Brito Palma - TP-14 PL-14

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

Daniel de Matos Silvestre - TP-14 PL-14

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

A unidade curricular (UC) promove aprendizagem de metodologias avançadas de automação e controlo. A UC contribui também para a aquisição de competências ao nível da aplicação prática das metodologias, através da realização de simulações e 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; e) Redes industriais de comunicação, sistemas SCADA e interfaces HMI.

Fazer:

- a) Conceptualização 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 de projeto;
- b) Trabalho colaborativo;
- c) Capacidade de decisão.

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

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

Know:

- a) Pneumatic, electro-pneumatic and electromagnetic control technologies;
- b) Programming of PLCs in 5 IEC languages: LD, IL, SFC, FBD and ST;
- c) PID control with PLCs; d) Speed control of electrical machines; e) Industrial communication networks, SCADA systems and HMI interfaces.

Do:

- a) Conceptualize problems;
- b) Implementation of control algorithms, with cabled and programmed technologies;
- c) Application of automation techniques, control and supervision of didactic and real processes.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução à unidade curricular. Especificações e projecto de sistemas de automação e controlo.
2. Sistemas digitais. Álgebra de Boole. Autómatas Finitos. Grafcet e Gemma. Lógicas cablada e programada.
3. Tecnologia de controlo pneumático.
4. Tecnologias de controlo eletropneumático e eletromagnético.
5. Controladores lógicos programáveis (PLC). As 5 linguagens de programação de acordo com a norma IEC 61131-3. A linguagem "Ladder" (LD).
6. A linguagem "Instruction List" (IL).
7. A linguagem "Sequential Function Chart" (SFC). A linguagem "Function Block Diagram" (FBD).
8. A linguagem "Structured Text" (ST).
9. Implementação de controladores PID em linguagem ST.
10. Controlo de velocidade de máquinas elétricas DC e AC. Variadores de velocidade.
11. Protocolos de comunicação industriais em redes: Modbus, CanOpen, Ethernet, Profinet, etc.
12. Sistemas de supervisão SCADA. Interfaces HMI.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to the curricular unit. Specifications and design of automation and control systems.
2. Digital systems. Boolean algebra. Finite Automata. Grafcet and Gemma. Cabled and programmed logics.
3. Pneumatic control technology.
4. Electropneumatic and electromagnetic control technologies.
5. Programmable logic controllers (PLC). The 5 programming languages according to the IEC 61131-3 standard. The "Ladder" language (LD).
6. The "Instruction List" (IL) language.
7. The "Sequential Function Chart" (SFC) language. The "Function Block Diagram" (FBD) language.
8. The "Structured Text" (ST) language.
9. Implementation of PID controllers in ST language.
10. Speed control of DC and AC electrical machines. Speed variators.
11. Industrial communication protocols in networks: Modbus, CanOpen

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

Dado a UC ter como objetivo a transmissão do conhecimento prático em relação à tecnologia aplicada ao controlo de máquinas industriais, todo o conteúdo programático está alinhado de forma a torna a componente prática o mais relevante. Nesse sentido, são introduzidos todos os conceitos de desenho de circuitos de controlo e aplicados nas aulas teórico-práticas e de laboratórios.

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

Since the UC aims to transmit practical knowledge in relation to the technology applied to the control of industrial machines, all the syllabus is aligned in order to make the practical component the most relevant. In this sense, all concepts of control circuit design are introduced and applied in theoretical-practical and laboratory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A metodologia de ensino a implementar na UC visa uma proximidade com a componente prática. Dessa forma, existem aulas teórico-práticas onde serão expostos conceitos nos laboratórios seguidos de exercícios práticos para explorar cada um dos tópicos. Nas aulas de laboratório serão conduzidos enunciados mais complexos que abarcam todas as componentes do desenho de um controlador para o tipo de processos em causa.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology to be implemented in the UC aims to be closer to the practical component. Thus, there are theoretical-practical classes where concepts will be exposed in the laboratories followed by practical exercises to explore each of the topics. In the laboratory classes, more complex statements will be conducted that cover all the components of a controller design for the type of processes in question.

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

Dado a UC ter como objetivo a transmissão do conhecimento prático em relação à tecnologia aplicada ao controlo de máquinas industriais, toda a metodologia de ensino visa a experimentação dos alunos quer através dos exemplos nas aulas teórico-práticas como nos laboratórios.

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

Since the UC has as its objective the transmission of practical knowledge in relation to technology applied to the control of industrial machines, the entire teaching methodology aims at students' experimentation either through examples in theoretical-practical classes or in laboratories.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*L. Brito Palma (2021), "Tecnologias de Automação e Controlo Industrial", Sebenta, Universidade Nova de Lisboa - FCT – DEEC.
J. Norberto Pires (2019), "Automação e Controlo Industrial", Lidel - Portugal.
E. Mandado Pérez, J. Acevedo, C. Silva, J. Quiroga (2009), "Autómatas Programables Y Sistemas de Automatización", Ediciones Técnicas Marcombo - Spain.
J. Caldas Pinto (2004), "Técnicas de Automação", Edições ETEP - Portugal.
A. Francisco (2003), "Autómatos Programáveis", Edições ETEP – Portugal.
J. Matias, L. Leote (1993), "Automatismos Industriais – Comando e Regulação", Didáctica Editora - Portugal.*

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

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

André Damas Mora - PL-28

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

Dotar os alunos de conhecimentos sobre características e aplicações de sensores de diversos tipos e aprofundar os conhecimentos de processamento de imagem.

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):

To endow students with knowledge on characteristics and applications of sensors of diverse types and to deepen their knowledge about image processing.

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 sensor-based circuits

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução*
- *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 neighbour, 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*
- *Sensores: Definições, Caracterização de sensores, Tecnologia de sensores e aplicações. Exemplos de sensores.*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction*
- *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*
- *Sensors: Definitions, characterization, technology and applications. Examples of real-world sensors.*

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

As aulas teórico-práticas apresentam os conceitos que são usados na 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 mini-testes (3) 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 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 Problem-solving sessions (TP) - that include also the presentation of the theoretical concepts - introduce the techniques used on the laboratory sessions (P).

The students' assessment is based on mid-term test (3) that evaluate the students' knowledge on the theoretical component and on two practical assignments. The first practical assignment is a software project where the students develop a complete image processing system from the beginning to the end. The second practical assignment is a report about the laboratory experiments describing the results achieved on the project and implementation of small sensor-based circuits and its calibration.

We can thus state that the students have plain opportunity to apply and test the concepts presented on the TP sessions and test their knowledge on the implementation of small but realistic projects.

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 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 práticas utilizadas para os alunos testarem os conhecimentos adquiridos nas aulas TP.

No final da disciplina ambos os trabalhos práticos são apresentados e discutidos com os docentes constituindo 40% da nota final sendo os restantes 60% da componente teórica.

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 laboratory 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.

In the last week of the course both practical assignments are presented and discussed with the teachers. The practical projects and their defense represent 40% of the final evaluation and the mid-term tests (or the final examination) the remaining 60%.

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 auto-confiança 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:

Interfacing sensors to the IBM PC, Willis J. Tompkins, John G. Webster, Prentice Hall

Multi-sensor fusion - fundamentals and applications with software, Richard Brooks, S. Iyengar. Prentice Hall

Digital Image Processing. Rafael Gonzalez, Paul Wintz. Addison-Wesley

Image Analysis: principles and practice, pp. 36 a 36 e 106 a 117. Joyce-Loebl

Digital Image Processing and Computer Vision, pp. 130 a 173. Robert Schalkoff

Fuzzy Algorithms, pp. 85 a 93, Zheru Chi, Hong Yan, Tuan Pham. Worls Scientific, Fuzzy Clustering

Computer Graphics - Principles and Practice, pp. 550 a 555. Foley, van DAM, Feiner, Hughes. Addison-Wesley

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP-28 PL-28

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

<sem resposta>

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

Adquirir competências na análise e projeto de micro-sistemas eletrónicos em hardware e software, para aplicações de sensorização e atuação inteligentes, no domínio da internet das coisas (IoT).

- Conhecer e analisar as arquiteturas de sistemas eletrónicos e micro-sistemas integrados e respetivos blocos constituintes

- Utilizar ferramentas de software para simulação e projeto

- Saber especificar e desenvolver um sistema eletrónico, identificando os seus diversos blocos constituintes e respetivas interligações

- 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 the knowledge in the analysis and design of electronics micro-systems for smart sensors and actuators, covering both hardware and software. Cover not only classical approaches but also include more recent state-of-the-art configurations existing in the internet of things (IoT). The student:

- acquires the knowledge on modern reconfigurable electronic systems and their internal constitutions

- acquires skill and capacity of cross-evaluating information.

- develop skills to work with the available circuit design frameworks, mathematical software, and consulting the available ICs present in the market.

- develop problem-solving and address a complete project design.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução aos micro-sistemas eletrónicos: especificações; arquiteturas; IoT.

- Sinais e processamento analógico versus digital.

- Microcontroladores, chips de lógica programável;

- Conversor analógico-digital e digital-analógico; amplificadores e filtros programáveis.

- Sensores e atuadores

- Gestão de potência e energia: otimização em sistemas autónomos; baterias e carregamento

- Comunicações: entre chips; longa distância via rádio

- Ferramentas de projeto: simulação, plataformas de desenvolvimento e IDE, PCB.

- Projeto híbrido software-hardware de sistema de sensorização.

4.4.5. Syllabus:

- Introduction to micro-systems: specifications; architectures; IoT.

- Analog versus digital signals and processing.

- Microcontrollers, programmable logic;

- Analog-digital and digital-analog converter; programmable amplifiers and filters.

- Sensors and actuators

- Power and energy management: optimization in autonomous systems; batteries and charging

- *Communications: chip to chip; long range radio*
- *Design tools: simulation, IDE, PCB.*
- *Software-hardware hybrid design of a sensing system.*

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

Promove-se a experimentação laboratorial e na elaboração de um projeto global de um sistema eletrónico de sensorização e atuação. Manusear informação diversa por forma a tomar as melhores decisões de projeto.

- *Promover componentes de experimentação e de projeto, contribui para as competências necessárias à implementação de sistemas e micro-sistemas eletrónicos*
- *Inclui a apresentação, discussão de casos de estudo*
- *Elaboração de fichas individuais o que permite treinar e reforçar a componente analítica*
- *Experimentação hardware/software, desenvolvendo-se aptidões de programação de hardware, análise e apresentação de resultados*
- *Ao promover a utilização de ferramentas CAD, desenvolve aptidões para a utilização de software especializado.*

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

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. More:

- *By promoting experimental and design components, develop skills to implement electronic systems and micro-systems*
- *Case studies, emphasizes the process of innovation, and implementation*
- *Individual assignments allows to train and reinforce the analytical component*
- *Experimentation hardware/software, developing skills in hardware programming, analysis*
- *Use of CAD tools, develop skills in the use of specialized software.*

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). Estas aulas são utilizadas para a realização do projeto global de um nó de IoT. A avaliação do estudante é suportada em fichas de problemas para resolução individual, laboratórios de experimentação e one 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 problem solving individual assignments, experimentation labs and one 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 a trabalhar com informação diversa e correlaciona-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 - 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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 de Matos - TP-28h

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

Ana Inês Oliveira - PL: 14h

Filipa Ferrada - PL: 14h

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

1. Saber: a) Formas organizativas de redes colaborativas industriais. b) Familiarização com temas emergentes em manufatura distribuída. c) Familiarização com metodologias de planeamento de roteiros estratégicos.
2. Fazer: a) Capacidade de integração de conhecimentos multi-disciplinares b) Capacidade de lidar com situações industriais complexas e em evolução. c) Capacidade de desenvolvimento de roteiros estratégicos.
3. Competências não-técnicas: a) Capacidade e atitude de iniciativa. b) Capacidade de trabalhar em equipa e de comunicação escrita e oral. c) Capacidade de síntese e análise crítica. d) Capacidade de investigação e autonomia.

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

1. *Knowing:* a) *Industrial Collaborative Networks organizational forms.* b) *Awareness of emerging topics in distributed manufacturing.* c) *Introducing strategic planning and road mapping methods.*
2. *Doing:* a) *Capability of integrating multi-disciplinary knowledge.* b) *Capability to deal with industrial complex and evolving contexts.* c) *Capability of creating roadmaps.*
3. *Non-Technical Capabilities:* a) *Pro-active capability.* b) *Teamwork and communication capabilities.* c) *Critical spirit and synthesis exercising.* d) *Autonomous research capability.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 – *Panorâmica de Sistemas Distribuídos de Manufatura (SDM)*
- 2 – *Redes de Sensores em SDM*
- 3 – *Simulação em SDM*
- 4 – *Indústria 4.0*
- 5 – *Introdução à criação de Roteiros Estratégicos / Planeamento Futuro*
- 6 – *Exemplos de Roteiros Estratégicos*
- 7 – *Cyber-Physical Systems*
- 8 – *Blockchain em SDM*
- 9 – *Tópicos Avançados*
- 10 – *Impressoras 3D*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Overview of Distributed Manufacturing Systems (DMS)*
- 2 - *Sensor Networks in DMS*
- 3 - *Simulation in DMS*
- 4 - *Industry 4.0*
- 5 - *Introduction to Road mapping and Future Planning*
- 6 - *Examples of Road mapping*
- 7 - *Cyber Physical Systems*
- 8 - *Blockchain in DMS*
- 9 - *Advanced Topics*
- 10 - *3D printing*

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 alunos uma panorâmica das redes colaborativas na indústria. Ao serem abordados vários cenários existentes, complementados por distintos casos de estudo, é transmitida aos alunos 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 an introduction to the topic, a broader presentation is made to the students in what concerns industrial collaborative networks. A clear notion of the course topics is achieved through the presentation of existing scenarios, as well as case studies. Road mapping techniques are also presented towards the definition of strategic planning in the industry.

The list of advanced topics, corresponding to emerging technologies, is periodically updated.

Experimental work on these topics contributes to reach the stated 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. Acresce um elemento prático de avaliação levado a cabo ao longo do semestre.

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. A practical element of evaluation carried out during the semester.

- 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:**
- *Collaborative networked organizations – A research agenda for emerging business models, L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, Springer, 2004*
 - *Course handouts: http://www-srmi.dee.fct.unl.pt/leec/sdm/2011_2012/classes/default.html*
 - *Artigos técnicos seleccionados. Exemplos:*
 - *R. Dekkers, Distributed Manufacturing as Co-Evolutionary System, Int Journal of Production Research, 2010. http://peer.ccsd.cnrs.fr/docs/00/51/30/44/PDF/PEER_stage2_10.1080%252F00207540802350740.pdf*
 - *M. Koç, J. Ni, J. Lee, P. Bandyopadhyay, Introduction to e-Manufacturing, CRC Press, 2005. <http://wumrc.engin.umich.edu/junni/publications/Introductionofe-Manufacturing.pdf>*
 - *P. Leitão, Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey, Journal Distributed Control of Production Systems, Volume 22, Issue 7, 2009, Pages 979–991.*
 - *H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, S. Woelfflé, Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, 2010. European Commission.*

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:

Robotic Systems and CIM

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 de Matos - TP:7h

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

José Barata - TP:7h
Filipa Ferrada - TP:14h
André Rocha - PL:28h

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
 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. 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 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
 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. 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 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
 2. Paradigmas Emergentes
3. Modelação
 1. SysML, ISA-95, Automation-ML
 2. Ontologies
4. Dimensões de Análise
 1. Perspetiva de Controlo
 2. Perspetiva de Tratamento de Informação e Aprendizagem
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
 2. Emerging Paradigms
3. Modelling
 1. SysML, ISA-95, Automation-ML
 2. Ontologies

4. Analysis Dimension

1. Control Perspective

2. Information Treatment and Learning Perspective

5. Seminar with Industry Specialist

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

Os tópicos e sua sequência visam facilitar a aquisição das competências definidas para esta área. Os exemplos apresentados nas aulas teóricas contribuem para uma ilustração da aplicação dos conceitos de sistemas de manufatura atuais. Os mini-testes ao longo do semestre permitem aferir que os alunos atingiram os objetivos propostos para a UC.

Durante as aulas práticas os alunos são confrontados com problemas práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos propostos na UC.

De acordo com o programa, 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 e diferentes paradigmas de programação.

Esta é também uma das unidades onde se incentiva o trabalho em equipa e respetiva gestão.

Os trabalhos laboratoriais suportam a aquisição de conhecimentos e o saber fazer enunciados.

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

The 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 smart manufacturing systems. During the semester, students are given mini-tests, which allow to perceive if they have acquired the proposed objectives.

In practical lessons the students are presented with concrete problems and situations requiring the proposed concepts.

As established in the syllabus, students learn to model and develop solutions for problems using modelling languages to solve relevant manufacturing modelling problems and different programming technologies.

This is also one of the units where teamwork and its management is encouraged.

The lab works support the acquisition of knowledge and the know-how to make statements.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teórico-práticas 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 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

2 Mini-Testes

3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação

$NT = (Mini-Teste\ 1 + Mini-Teste\ 2) / 2$

$NT \geq 9.5$

Cada Trabalho Prático ≥ 9.5

$NP = TP1 * Peso1 + TP2 * Peso2 + TP3 * Peso3$; Pesos são anunciados no início da UC

$Nota\ Final = NP * 0.6 + NT * 0.4$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical-practical classes are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives.

In lab classes 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

2 Mini-Tests

3 Practical Works

Evaluation Rules

$TM = (Mini-Test\ 1 + Mini-Test\ 2) / 2$

$TM \geq 9.5$

Each Practical Work ≥ 9.5

$PM = TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3 * Peso3$; *Weights announced at the beginning of UC*

$Final\ Mark = PM * 0.6 + TM * 0.4$

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 - Sistemas Robóticos e CIM - Notas de apoio.

2 - Introduction to Multiagents: Michael Wooldridge, Wiley.

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 objectivo transmitir conhecimentos de análise e projecto de circuitos electrónicos 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 projecto 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 factor importante é a qualidade e clareza da apresentação oral dos projectos, a qual deverá demonstrar a capacidade de resolução de problemas com respectiva avaliação crítica de uma solução.

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

This course aims transmit to the students, knowledge in analysis and design of high frequency electronic circuits, with focus on radio frequency (RF) systems. The students, at the end of this course, should be capable to solve the problems associated to the project of RF circuits, and understand the basic techniques of project and implementation matching networks in printed circuit boards. The examples used are low noise amplifiers and oscillators.

The students will develop the skill to solve problems, work in a team and improve their capability to control the available time. Special attention is given to written and oral presentation of the work.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1- Introdução aos sistemas eletrónicos de RF e micro-ondas: Espectro-Bandas de frequência, 1- 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 micro-ondas: 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: Análise de pequenos sinais, Ganho de potência e Estabilidade, Polarização, Adaptação e fatores de reflexão, Fator de Ruído, Distorção e linearização

4- Sintetizadores de frequência: 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: 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: 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 projecto 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

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

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.

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.

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

Mapa IV - Redes Aéreas e Serviços

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Redes Aéreas e Serviços

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Aerial Networks and Services

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 Alexandre Duarte Oliveira - TP:18; P:18

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

Pedro Miguel Figueiredo Amaral - TP:10; P:10

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

Os objetivos desta unidade curricular centram-se no conhecimento da arquitetura e da operação das redes de satélites e de plataformas de elevada altitude. A interligação de redes de elevada altitude (e.g. satélites) a redes terrestres, nomeadamente a redes celulares, também será abordada, assim como as funções desempenhadas pelos diferentes blocos funcionais que constituem este tipo de redes. Estudado o funcionamento de protocolos de redes móveis e a interligação entre rede e serviços disponibilizados, focando as redes celulares, as redes de satélites, as redes de plataformas de elevada altitude, e da sua orquestração para a oferta de serviços. Os estudantes adquirem competências na configuração de redes de comunicações, estudando o desempenho destes sistemas para os diferentes tipos de serviços potenciados por plataformas de elevada altitude e satélites, bem como os algoritmos necessários à sua orquestração e a sua utilização com garantias de segurança.

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

The objectives of this curricular unit focus on the knowledge of the architecture and operation of satellite networks and high-altitude platforms. The interconnection of high-altitude networks (e.g. satellites) to terrestrial networks, namely cellular networks, will also be addressed, as well as the functions performed by the different functional blocks that constitute this type of networks. Several mobile protocols as well as the interconnection between the network and the available services are addressed, focusing on cellular networks, satellite networks, high-altitude platform networks, and their orchestration to provide services. Students acquire skills in configuring communications networks, studying the performance of these systems for different types of services powered by high-altitude platforms and satellites, as well as the algorithms needed to its orchestration and secure access.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução às redes sem fios;*
- Desempenho de link: Uplink, Downlink e link inter-satélites;*
- Técnicas de múltiplo acesso;*
- Sistemas de comunicação celulares: arquitetura de referência 5G e integração com plataformas de elevada-altitude/satélites;*
- Redes de Satélites;*
- Fundamentos de segurança em redes*
- Orquestração de redes baseadas em plataformas de elevada-altitude com capacidade computacional.*
- Arquitetura de serviços.*

4.4.5. Syllabus:

- Introduction to wireless networks;*
- Link performance: Uplink, Downlink and inter-satellite link;*
- Multiple access techniques;*
- Cellular communication systems: 5G reference architecture and integration with high-altitude/satellite platforms;*
- Satellite Networks;*
- Basics of Network Security*
- Orchestration of Cloud-Enabled High Altitude Platform Systems.*
- Services architecture.*

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 compreender o funcionamento de 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 understand the operational aspects of 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 introducing 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%);*
- a technical report related with the first laboratorial work (15%);*
- an oral discussion to evaluate the second laboratorial 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 de elevada altitude e sua interligação a redes terrestres. 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 high-altitude networks and its terrestrial interconnection. 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:

- Gérard Maral, Michel Bousquet, Zhili Sun, "SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS", Sixth Edition, Wiley, 2020.*
- Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Skold, "5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology", Elsevier, 2018.*

Mapa IV - Técnicas Avançadas para Comunicações Aeroespaciais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas Avançadas para Comunicações Aeroespaciais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Techniques for Aerospace Communications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Rui Miguel Henriques Dias Morgado Dinis - 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*
- Conhecimento dos limites físicos para a estimação de parâmetros*
- Conhecimentos sobre transmissão digital em banda-base e sobre portadora sinusoidal*
- Caracterização dos emissores e recetores adequados a este tipo de sinais, bem como os algoritmos de processamento de sinal inerentes.*
- Conhecimentos sobre técnicas de sincronização, estimação de canal e seu seguimento, 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*
- Know the physical limits for the estimation of parameters*
- Base-band and bandpass digital transmission techniques*
- Transmitter and receiver characterization for these types of signals, as well as appropriate signal processing algorithms.*
- Synchronization, channel estimation and tracking, with emphasis on 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*
- Entropia e informação mútua*
- Capacidade do canal*

- Transmissão digital*
- Transmissão em banda-base e sob portadora sinusoidal*
- Recetor ótimo*
- Desempenho de modulações*
- Sistemas multi-antena*

- Estimação de parâmetros*
- Limites para o desempenho de estimadores de parâmetros*
- Sincronização de símbolo e de portadora*
- Estimação de canal*
- Seguimento de parâmetros*

4.4.5. Syllabus:

- Elements of information theory
- Entropy and mutual information
- Channel capacity
- Digital transmission
- Baseband and bandpass transmission
- Optimum receiver
- Performance of digital modulations
- Multi-antenna systems
- Estimation of parameters
- Bounds for the performance of parameter estimators
- Symbol and carrier synchronization
- Channel estimation
- Tracking techniques

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 e dos conceitos básicos de comunicação digital (algo adquirido em unidades curriculares anteriores), a compreensão das diferentes técnicas de transmissão digital requer o conhecimento prévio de ferramentas para a avaliação de desempenho e de estruturas de receção, deteção e estimação adequadas, 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 and the basic concepts behind digital communications (something acquired in previous courses), but also with knowledge of tools for performance evaluation and suitable receiver, detection and estimation structures, as well as 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 probabilidades de erro e desempenho de estimadores de relógio, frequência e canal. 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 error probabilities and the performance of clock, carrier and channel estimators. 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 and P. Crilly, *Communication Systems*, McGraw-Hill, 2010.
- S. Key, *Fundamentals of Statistical Signal Processing*, Prentice Hall, 2017

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP-28 PL-28

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

<sem resposta>

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

Adquirir competências na análise e projeto de micro-sistemas eletrónicos em hardware e software, para aplicações de sensorização e atuação inteligentes, no domínio da internet das coisas (IoT).

- Conhecer e analisar as arquiteturas de sistemas eletrónicos e micro-sistemas integrados e respetivos blocos constituintes

- Utilizar ferramentas de software para simulação e projeto

- Saber especificar e desenvolver um sistema eletrónico, identificando os seus diversos blocos constituintes e respetivas interligações

- 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 the knowledge in the analysis and design of electronics micro-systems for smart sensors and actuators, covering both hardware and software. Cover not only classical approaches but also include more recent state-of-the-art configurations existing in the internet of things (IoT). The student:

- acquires the knowledge on modern reconfigurable electronic systems and their internal constitutions

- *acquires skill and capacity of cross-evaluating information.*
- *develop skills to work with the available circuit design frameworks, mathematical software, and consulting the available ICs present in the market.*
- *develop problem-solving and address a complete project design.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução aos micro-sistemas eletrónicos: especificações; arquiteturas; IoT.*
- *Sinais e processamento analógico versus digital.*
- *Microcontroladores, chips de lógica programável;*
- *Conversor analógico-digital e digital-analógico; amplificadores e filtros programáveis.*
- *Sensores e atuadores*
- *Gestão de potência e energia: otimização em sistemas autónomos; baterias e carregamento*
- *Comunicações: entre chips; longa distância via rádio*
- *Ferramentas de projeto: simulação, plataformas de desenvolvimento e IDE, PCB.*
- *Projeto híbrido software-hardware de sistema de sensorização.*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction to micro-systems: specifications; architectures; IoT.*
- *Analog versus digital signals and processing.*
- *Microcontrollers, programmable logic;*
- *Analog-digital and digital-analog converter; programmable amplifiers and filters.*
- *Sensors and actuators*
- *Power and energy management: optimization in autonomous systems; batteries and charging*
- *Communications: chip to chip; long range radio*
- *Design tools: simulation, IDE, PCB.*
- *Software-hardware hybrid design of a sensing system.*

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

- *Promove-se a experimentação laboratorial e na elaboração de um projeto global de um sistema eletrónico de sensorização e atuação. Manusear informação diversa por forma a tomar as melhores decisões de projeto.*
- *Promover componentes de experimentação e de projeto, contribui para as competências necessárias à implementação de sistemas e micro-sistemas eletrónicos*
- *Inclui a apresentação, discussão de casos de estudo*
- *Elaboração de fichas individuais o que permite treinar e reforçar a componente analítica*
- *Experimentação hardware/software, desenvolvendo-se aptidões de programação de hardware, análise e apresentação de resultados*
- *Ao promover a utilização de ferramentas CAD, desenvolve aptidões para a utilização de software especializado.*

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

- *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. More:*
- *By promoting experimental and design components, develop skills to implement electronic systems and micro-systems*
- *Case studies, emphasizes the process of innovation, and implementation*
- *Individual assignments allows to train and reinforce the analytical component*
- *Experimentation hardware/software, developing skills in hardware programming, analysis*
- *Use of CAD tools, develop skills in the use of specialized software.*

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). Estas aulas são utilizadas para a realização do projeto global de um nó de IoT. A avaliação do estudante é suportada em fichas de problemas para resolução individual, laboratórios de experimentação e one 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 problem solving individual assignments, experimentation labs and one 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 a trabalhar com informação diversa e correlaciona-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 - 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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP:28; PL:28

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

<sem resposta>

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

- Adquirir competências para análise e projeto de transreceptores de rádio digital recorrendo a circuitos integrados "System on Chip" (SoC) e a tecnologia de circuito integrado CMOS.
- Conhecer os sistemas integrados e arquiteturas de rádio digital utilizadas nas gerações mais recentes. Analisar as características de sistemas RF em chip e compreender as suas limitações.
- 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 rádio 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):

- acquire the knowledge and skills for the analysis and design of digital RF transceivers for "System on Chip" (SoC), using CMOS technology.
- Obtain 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 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 rádio 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 e 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 rádio 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 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 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 é suportada em fichas de problemas para resolução individual, laboratórios de experimentação e 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 explanation is supported in written information using a multimedia setup, with synchronized slides, multimedia components, in a dynamic way with the objective of maintaining a high degree of attention. Each topic is supported by 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. These classes are used to carry out the design project of a digital transceiver. The student's assessment is supported on problem-solving individual assignments, experimentation labs and global project (to be executed in a group of 2 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", Second Edition, Cambridge Univ. Press, 2020
- 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 - 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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 – 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 - Falhas em Sistemas Elétricos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Falhas em Sistemas Elétricos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical systems faults

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 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):

Esta UC aborda o tratamento de falhas em sistemas de engenharia. Partindo da definição básica de falha, no final da UC os estudantes deverão ser capazes de projetar sistemas que sejam tolerantes a falhas. Tal processo envolve deteção, isolamento e recuperação de um sistema defeituoso. Serão abordados os principais sistemas elétricos associados com a engenharia aeroespacial, como sejam dispositivos de eletrónica de potência para sistemas de conversão de energia (produção, armazenamento e utilização), dispositivos de controlo e dispositivos de medida. Os alunos deverão ser capazes de conhecer as metodologias e técnicas de deteção de falhas em sistemas elétricos, as técnicas de isolamento de falhas, as metodologias de reconfiguração de sistemas e redundância, incluindo compensação de sensores e atuadores defeituosos.

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

This UC addresses failures in engineering systems. Starting from the basic definition of failure, at the end of the UC students should be able to design systems that are fault tolerant. Such a process involves detection, isolation and recovery of a faulty system. The main electrical systems associated with aerospace engineering will be addressed, such as power electronics devices for energy conversion systems (production, storage and usage), control and measurement devices. Students should be able to understand and apply the methodologies and techniques for fault detection in electrical systems, fault isolation techniques, methodologies for system reconfiguration and redundancy, including compensation for faulty sensors and actuators.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Confiabilidade e as taxas de falha de um sistema
Influência de falhas em sensores, sistemas e atuadores
Métodos para detetar falhas em sistemas elétricos
Métodos de classificação de falhas com base nos sintomas detetados
Projeto de sistemas elétricos tolerantes a falhas
Metodologias de reconfiguração e redundância para sistemas elétricos em presença de falhas*

4.4.5. Syllabus:

*Reliability and fault rates of a system
Influence of faults in sensors, systems and actuators
Methods for detecting faults in electrical systems
Fault classification methods based on detected symptoms
Design of fault tolerant electrical systems
Reconfiguration and redundancy methodologies for electrical systems in the presence of faults*

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 falha, será estudada primeiro a questão da deteção e isolamento de falhas. Serão depois abordadas as metodologias de projeto de sistemas elétricos tolerantes a falhas. Nas aulas práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar e dimensionar os vários 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 so that the necessary knowledge to achieve the defined objectives is transmitted to the students in a sequential way. Starting with the study of general fault concepts, the concepts of fault detection and isolation will be studied first. Afterwards, design methodologies of fault-tolerant electrical systems will be addressed. In practical classes, students develop the ability to analyze and design the various systems studied in theoretical classes.

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):

The concepts and techniques are explained by the teacher in theoretical classes. In practical classes, students should test their knowledge through problem solving, laboratory tests and computer simulations. Students are evaluated with two individual assignments (50%) and two mini tests (50%), being the individual assignments similar to the assignments carried out in practical classes.

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, simulações e experiências 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, sendo dado grande ênfase aos sistemas baseados em eletrónica de potência.

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

The objectives of the curricular unit require not only an understanding of the concepts, but also an ability to analyze concrete situations. Problems, tests, simulations and experiments studied in practical classes serve for students to test and develop their knowledge through problem solving and concrete case studies, with great emphasis being given to systems based on power electronics.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

V. Fernão Pires, Manuel Kadivonga, J.F. Martins, A.J. Pires, Motor square current signature analysis for induction motor rotor diagnosis, Measurement, 46 (2),2013
V. Fernão Pires, A. Cordeiro, D. Foito, A. J. Pires, J. Martins and H. Chen, "A Multilevel Fault-Tolerant Power Converter for a Switched Reluctance Machine Drive," in IEEE Access, vol. 8, 2020.
W. Lee and G. Choi, "A Comprehensive Review of Fault-Tolerant AC Machine Drive Topologies: Inverter, Control, and Electric Machine," 2021 IEEE 13th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, 2021
Z. Ali et al., "Fault Management in DC Microgrids: A Review of Challenges, Countermeasures, and Future Research Trends," in IEEE Access, vol. 9, 2021
A. Moradzadeh, B. Mohammadi-Ivatloo, K. Pourhossein and A. Anvari-Moghaddam, "Data Mining Applications to Fault Diagnosis in Power Electronic Systems: A Systematic Review," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 37, no. 5, May 2022

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 Santos Gomes - TP:28h

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

Filipe Moutinho - PL: 28h

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 através de modelos 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 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 três 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 (teórica) e da realização de dois mini-projetos em grupos de 2 ou 3 estudantes (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 three 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) and conducting two mini-projects in groups of 2 or 3 students (practice).

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. Sjöholm, 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 - 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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 Santos Gomes - TP-14

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

Aniko Costa - TP- 14; 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 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 outros 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 - Telerobótica e Sistemas Autónomos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Telerobótica e Sistemas Autónomos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Robotics and Autonomous Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EEC

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 - TP-28h

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

Ricardo Peres - PL-28h

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

Conhecer

- 1. Conceitos fundamentais de Sistemas Autónomos*
- 2. Conceitos fundamentais de Sensores de Robôs móveis e suas características*
- 3. Visão Robótica 2D e 3D*
- 4. Conceitos fundamentais de perceção utilizando várias modalidades*
- 5. Perceção Ativa e Passiva*
- 6. Métodos de Localização Probabilística*

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.*

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):

Understanding

- 1. Perception for Autonomous Systems basic concepts*
- 2. Main Robot Sensors and their characteristics*
- 3. Robot 2D and 3D Vision*
- 4. Perception using and fusing diverse modalities*
- 5. Active vs Passive Perception*
- 6. Probabilistic Robot Localisation methods*

Able to Do

- 1. Addressing new problems and implementing perception and localisation strategies in the domain of robotized heterogeneous autonomous systems*
- 2. Increase the capacity to practically implement these systems in robotized autonomous platforms*
- 3. Apply creativity and innovation*

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. INTRODUÇÃO

o Percepção em Robótica: Medição vs. Percepção (2D, 3D, Sound, etc)

2. SENSORES BASEADOS EM VISÃO

o Cameras monoculares e binoculares

o Imagens omnidireccionais e multiespectrais

3. DADOS A 3 DIMENSÕES:

o Par estereoscópico, Luz Estruturada

o LiDAR, SONAR, Time of Flight

4. REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE OCUPAÇÃO:

o Nuvens de pontos, Voxel Grids, Octrees

5. REGISTO TRIDIMENSIONAL

o Ponto mais próximo iterativo

o Scan Matching

6. SEGMENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL FILTRAGEM TRIDIMENSIONAL

o Sample Consensus

o Euclidean & Conditional Clustering

o KdTrees"

7. PERCEÇÃO MULTIMODAL E FUSÃO DE DADOS
8. RASTREIO DE OBJETOS MULTIMODAL
9. PERCEÇÃO ATIVA
10. LOCALIZAÇÃO E MAPEAMENTO DE ROBÔS MÓVEIS
 - o O desafio da Localização
 - o Dead Reckoning
 - o Sensores básicos de localização
 - o Localização Global
 - o Localização baseada em mapeamento
 - o Técnicas SLA

4.4.5. Syllabus:

1. INTRODUCTION
 - o Perception for Robotics: Measurement vs. Perception (2D, 3D, Sound, etc)
2. VISION BASED SENSORS:
 - o Monocular Camera, Binocular Camera
 - o Omnidirectional, Multispectral Imagery
3. THREE-DIMENSIONAL DATA:
 - o Stereoscopic Pair, Structured Light
 - o LiDAR, SONAR, Time of Flight
4. THREE-DIMENSIONAL OCCUPANCY REPRESENTATION:
 - o Point clouds, Voxel Grids, Octrees
5. THREE-DIMENSIONAL REGISTRATION
 - o Iterative Closest Point
 - o Scan Matching
6. THREE-DIMENSIONAL FILTERING THREE-DIMENSIONAL SEGMENTATION
 - o Sample Consensus
 - o Euclidean & Conditional Clustering
 - o KdTrees"
7. MULTIMODAL PERCEPTION AND DATA FUSION
8. MULTIMODAL BASED OBJECT TRACKING
9. ACTIVE PERCEPTION
10. MOBILE ROBOTS LOCALISATION AND MAPPING
 - o The challenge of Localisation
 - o Dead Reckoning
 - o Basic Localisation Sensors
 - o Global Localisation
 - o Map based Localisation
 - o SLAM techniques

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 e conceitos relacionados com a perceção e a localização servem de base para os alunos entenderem melhor os diferentes desafios subjacentes ao desenvolvimento deste tipo de sistemas.

A visão global é então dar a conhecer aos alunos os diversos conceitos associados a perceção e localização aplicada a robótica que são utilizados 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 to design and implement autonomous systems. The discussion of aspects related to the perception and localisation are used to introduce the students to the challenges related to the development of this type of systems.

The global vision is for the student to learn the perception and localization concepts presented and their application to 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 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

- 2 Mini-Testes
- 3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação

Nota Teórica = (Mini-Teste 1 + Mini-Teste 2) / 2

Nota Teórica >= 9.5

Cada Trabalho Prático >= 9.5

*Nota Prática = TP1 * Peso1 + TP2 * Peso2 + TP3*Peso3 ; Pesos são anunciados no início da UC*

*Nota Final = Nota Prática * 0.7 + Nota Teórica * 0.3*

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

2 Mini-Tests

3 Practical Works

Evaluation Rules

Theoretical Mark = (Mini-Test 1 + Mini-Test 2) / 2

Theoretical Mark >= 9.5

Each Practical Work >= 9.5

*Practical Mark = TP1 * Weight1 + TP2 * Weight2 + TP3*Peso3 ; Weights to be announced at the beginning of UC*

*Final Mark = Practical Mark * 0.7 + Theoretical Mark * 0.3*

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 perceção aplicada a robótica ; 2) quais os algoritmos e técnicas mais utilizadas para construir este tipo de sistemas; e 3) Conceito de localização em robótica e quais as técnicas mais utilizadas para efetuar a mesma.

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 de perceção e localização para 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) perception in robotics; 2) what are the most used techniques and algorithms; and 3) Concept of localisation in robotics and what are the most used techniques to perform robot localisation.

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 perception and localisation in autonomous and heterogeneous robotic systems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Thrun, S, M., Burgard, Fox D (2006). Probabilistic Robotics. MIT Press,668

Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). Introduction to autonomous mobile robots. MIT press.

Chatterjee, A., Rakshit, A., & Singh, N. N. (2012). Vision based autonomous robot navigation: algorithms and implementations (Vol. 455). Springer.

Ferreira, J. F., & Dias, J. M. (2014). Probabilistic approaches to robotic perception. Springer International Publishing.

Kaehler, A., & Bradski, G. (2016). Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library. " O'Reilly Media, Inc."

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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):

Ana Inês da Silva Oliveira - TP-14; PL-28

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

João Rosas - TP-14

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

Esta unidade visa fornecer aos alunos:

- 1. Saber: a) Conceitos fundamentais de supervisão inteligente. b) Familiarização com várias técnicas de planeamento, monitoração, diagnóstico, recuperação de erros e aprendizagem automática. c) Analisar requisitos de sistemas de supervisão.*
- 2. Fazer: a) Capacidade de integração de conhecimentos multidisciplinares b) Capacidade de modelação de problemas de supervisão e seleção de ferramentas. c) Capacidade de resolução de problemas em situações novas.*
- 3. Competências não-técnicas: a) Capacidade de experimentação. b) 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):

This unit aims to provide students with:

- 1) Knowledge on: a) Base concepts of intelligent supervision. b) Various techniques of planning, monitoring, diagnosis, error recovery and machine learning. c) Analysis of requirements for supervision systems.*
- 2) Know-how on: a) Capacity to integrate multidisciplinary knowledge. b) Capability to model supervision problems and select tools. c) Capability to solve problems in new contexts.*
- 3) Non-technical competences: a) Experimentation skills. b) Time management and deadline fulfillment skills.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. CONCEITOS BÁSICOS DE SUPERVISÃO.*
- 2. SISTEMAS PERICIAIS DE TEMPO REAL.*
- 3. PLANEAMENTO E SUPERVISÃO.*
- 4. ARQUITETURAS DE SUPERVISÃO.*
- 5. APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM SUPERVISÃO*

4.4.5. Syllabus:

- 1. BASIC SUPERVISION CONCEPTS.*
- 2. REAL TIME EXPERT SYSTEMS.*
- 3. PLANNING AND SUPERVISION.*
- 4. SUPERVISION ARCHITECTURES.*
- 5. MACHINE LEARNING IN SUPERVISION.*

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

Após uma introdução global à temática da disciplina, supervisão inteligente, e de arquiteturas típicas de sistemas periciais, são apresentados aos alunos conceitos básicos de planeamento, execução. Desta forma, é introduzida uma arquitetura geral de supervisão assente em funcionalidades fundamentais, tais como: despacho, monitorização, diagnóstico e recuperação de falhas. São ainda abordadas funcionalidade adicionais, como prognóstico, manutenção preventiva, e representação de erros através de taxonomias.

É também dado algum destaque ao papel da aprendizagem automática em sistemas de supervisão com uma panorâmica de algumas técnicas básicas.

Durante as aulas práticas, os alunos são confrontados com problemas práticos cuja resolução implica a utilização dos conceitos introduzidos na UC. Desta forma, é realizado um conjunto de trabalhos experimentais para consolidar os conceitos adquiridos.

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

After an introduction to the subject of the discipline, intelligent supervision, and typical architectures of expert systems, students are presented with basic concepts of planning, execution. In this way, a general supervision architecture based on fundamental functionalities is introduced, such as: dispatch, monitoring, diagnosis and error recovery. Additional features are also addressed, such as forecast, preventive maintenance, and error representation through taxonomies.

Some emphasis is also given to the role of machine learning in supervision systems with an overview of some basic techniques.

During practical classes, students are faced with practical problems whose resolution implies the use of the concepts introduced in the UC. In this way, a set of experimental works is carried out to consolidate the acquired concepts.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC inclui uma componente teórico-prática e uma componente prática. As aulas teórico-práticas 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 práticas os estudantes focam-se na experimentação dos conceitos expostos nas aulas teórico-práticas de forma a saberem fazer. É proposto um conjunto de trabalhos práticos, onde em cada um será efetuado:

- Apresentação do trabalho;
- Tutorial sobre tecnologias e ferramentas a utilizar;
- Discussão sobre métodos a adotar;
- Realização do trabalho, relatório e apresentação pelos alunos.

Componentes de Avaliação: 2 Testes e 3 Trabalhos Práticos

Regras de Avaliação:

1. Nota Teórica: $NT = NT1 * w1 + NT2 * w2$
2. Nota Prática: $NP = TP1 * p1 + TP2 * p2 + TP3 * p3$
3. Nota Final: $NF = NT * 0.5 + NP * 0.5$
4. $NT \geq 9.5$; $NP \geq 9.5$ (Os pesos respetivos serão anunciados no início da UC)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The UC includes a theoretical-practical component and a practical component. Theoretical-practical classes are directed so that students, through their active participation, understand each of the topics listed in the learning objectives. In practical classes students focus on experimenting with the concepts exposed in theoretical-practical classes in order to know how to do it. A set of practical works is proposed, where each one will be carried out:

- Presentation of the work;
- Tutorial on technologies and tools to be used;
- Discussion of the working method to be adopted;
- Realization of the work by the students, report preparation and presentation.

Evaluation Components: 2 Tests and 3 Practical Works

Evaluation Rules:

1. Theoretical Grade: $NT = NT1 * w1 + NT2 * w2$
2. Practical Grade: $NP = TP1 * p1 + TP2 * p2 + TP3 * p3$
3. Final Grade: $NF = NT * 0.5 + NP * 0.5$
4. $NT \geq 9.5$; $NP \geq 9.5$ (Weights are announced at the beginning of the course)

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

A UC inclui uma componente teórica e uma componente laboratorial onde serão efetuadas as respetivas avaliações. A Componente teórica é avaliada através de um teste, que permite aferir a aquisição dos conceitos apresentados, por parte dos estudantes.

A componente prática é avaliada através da realização de um conjunto de trabalhos, onde são elaboradas soluções a problemas propostos no contexto da UC. É estimulado o trabalho em grupo, de forma a realçar a colaboração necessária para a resolução de problemas em equipa.

Mediante a sucesso na avaliação teórica e prática, é possível certificar que os alunos atingem os resultados propostos para a disciplina.

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

The UC includes a theoretical and a laboratory component where the respective assessments will be made.

The theoretical component is evaluated through a test, which allows to assess the acquisition of the presented concepts, by the students.

The practical component is evaluated through the realization of a set of works, where solutions to the proposed problems in the context of the UC are elaborated. Group work is encouraged to highlight the necessary collaboration for team problem solving.

Through success in theoretical and practical assessment, it is possible to certify that students achieve the proposed results for the UC.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Apontamentos das aulas teóricas / Course handouts::

- L. M. Camarinha-Matos, Notas de Supervisão Inteligente.

- Tutorial RT-EXPERT, BellHawk Systems Corporation, 2005

http://www.bellhawk.com/Product_Info/user_manuals/RT-Expert_Tutorial27Feb05.pdf

- Aris Corp. RT-Expert Programming Manual, 1996.

- University of Amsterdam. GARP3 - Qualitative Modeling & Reasoning. <http://hcs.science.uva.nl/QRM/software/>

Conjunto de publicações selecionado. Exemplos: / Selected articles. Examples:

- K. Moslehi, R. Kumar. Vision for a self-healing power grid. ABB Review 4, 2006.

- NETICA Belief Networks Software, <http://www.norsys.com/>

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 (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 Alexandre Duarte 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):

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 em tempo real*
- *Desempenho de Rede*

- *Avaliação Holística*

- *Desempenho da Camada física*
- *Desempenho da Camada MAC*
- *Desempenho de Encaminhamento*
- *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*

- *Real-time Traffic*
- *Network Performance*

- *Holistic Assessment*

- *Physical Layer Performance*
- *MAC Performance*
- *Routing Performance*
- *Upper layers and Cross-layering*

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Os conteúdos programáticos focam-se na compreensão dos modelos de referência utilizados na avaliação de desempenho em sistemas de telecomunicações.
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**
The syllabus focuses on understanding the reference models used in performance evaluation of telecommunications systems.
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**
A unidade curricular tem uma componente teórico-prática de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos técnicos básicos são explicados nas aulas teórico-práticas, acompanhados pela resolução de vários problemas ilustrativos. As diferentes técnicas estudadas são implementadas nas aulas práticas. A componente teórica tem um peso de 70% na classificação final, sendo avaliada através de dois trabalhos. A componente prática tem um peso de 30% na classificação final.
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
The course has a theoretical-practical component of 2 hours/week and a practical component of 2 hours/week. The technical concepts are explained in the theoretical-practical classes, accompanied by the resolution of several illustrative problems. The different techniques studied are implemented in practical classes. The theoretical component has a weight of 70% in the final classification, being evaluated through two works. The practical component has a weight of 30% in the final classification.
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Na UC os alunos compreendem diferentes conceitos teóricos identificando o tipo de problemas em que se podem aplicar. Nas aulas teórico-práticas os estudantes desenvolvem a capacidade de analisar e resolver os problemas propostos. Os exercícios propostos cobrem a matéria dada exigindo dos estudantes a compreensão dos conceitos e técnicas de análise envolvidas, e exercitando a sua utilização. Nas aulas práticas os alunos terão a possibilidade de realizar vários problemas de simulação de sistemas de telecomunicações e analisar o seu desempenho através dos resultados obtidos, permitindo uma análise mais experimental dos assuntos teóricos abordados na UC.
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**
In this course, the students understand different theoretical concepts identifying the type of problems they can apply to. In theoretical-practical classes, students develop the ability to analyze and solve the proposed problems. The exercises cover the subject matter, requiring students to understand the concepts and multiple techniques for performance evaluation, and exercising their use. In practical classes, students will be able to carry out various simulation problems of telecommunications systems and analyze their performance through the results obtained, allowing experimental analysis of the theoretical concepts covered in the UC.
- 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. Willey, 2011
 Performance Analysis of Communications Networks and Systems. Author: Piet Van Mieghem, Technische Universiteit Delft, The Netherlands. Cambridge, 2006.*

Mapa IV - Sistemas de Geoposicionamento baseados em Satélites

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**
Sistemas de Geoposicionamento baseados em Satélites
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**
Satellite based Geolocalisation Systems
- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**
EEC
- 4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):**
Semestral / Semester
- 4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):**
168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:28

4.4.1.6. Créditos 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 - 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):

Fornecer uma base sólida na engenharia de sinais do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), processamento em recetores e configurações do sistema, especialmente para aplicações de alto desempenho.

Proporcionar o conhecimento sobre os principais aspetos da tecnologia dos Sistemas GNSS.

Analisar detalhadamente as características das modulações de sinais, esquemas de codificação e códigos de espalhamento que possibilitam uma melhoria na precisão e contra efeitos de interferência.

Compreender a funcionalidade e o desempenho das diferentes estruturas recetoras.

Compreender os efeitos de multicaminho e outras fontes de erro no desempenho e as técnicas adotadas para compensá-los.

Compreender a arquitetura do sistema e as técnicas de processamento de sinal usadas para melhorar o desempenho geral do sistema.

Construir a base de conhecimento e habilidades que permitam qualquer atividade profissional nesta área, ou estudos mais avançados.

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

To provide a strong foundation in the engineering of Global Navigation Satellite System (GNSS) signals, receiver processing and system configurations, especially for high-performance applications. To provide the knowledge about the key aspects of the technology of Global Navigation Satellite Systems (GNSS). To analyze in detail the characteristics of the signals modulations, coding schemes, and the spreading codes that make possible an improvement on accuracy and against jamming effects. To understand the functionality and the performance of each component in different receiver structures suitable for these systems. To understand the multipath effects and other error sources in the performance systems and the techniques adopted to compensate them. To understand the system architecture and signal processing techniques used to improve the overall system performance. To construct the knowledge background and abilities that allow any professional activity in this area, or more advanced studies.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Visão geral do sinal GNSS

Efeitos do canal

Sistemas Recetores e Problemas

Visão geral do processamento do recetor

Processamento de Aquisição de Sinal

Filtros de rastreamento e loop de sinal

Tecnologia e Engenharia GNSS

Fontes de erros

Rastreamento, rastreamento de operadora e demodulação de dados

Sinais

Sistemas

Sistema GPS

Descrição do sistema, aplicativos e status

Cobertura e Desempenho

Fontes de erro

Conceitos DGPS

Estrutura do Sinal e Conteúdo da Mensagem

Visão geral do recetor

Processamento de sinal

Sistema GALILEO

Descrição do sistema, aplicativos e status

Cobertura e Desempenho
Fontes de erro
Conceitos DGPS
Estrutura do Sinal e Conteúdo da Mensagem
Visão geral do recetor
Processamento de sinal

4.4.5. Syllabus:

GNSS Signal Overview
Channel effects
Receiver Systems and Problems
Receiver Processing Overview
Signal Acquisition Processing
Signal Tracking and Loop Filters

GNSS Technology and Engineering
Errors Budgets
Tracking, Carrier Tracking and Data Demodulation
Signals

Systems
GPS System
System Description, Applications and Status
Coverage and Performance
Error Sources
DGPS Concepts
Signal Structure and Message Content
Receiver Overview
Signal Processing

GALILEO System
System Description, Applications and Status
Coverage and Performance
Error Sources
DGPS Concepts
Signal Structure and Message Content
Receiver Overview
Signal Processing

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

A compreensão das diferentes técnicas de transmissão, receção e tracking adotadas em sistemas de geoposicionamento requer o conhecimento dos problemas inerentes aos sistemas GNSS como efeito multi-percurso e fontes de erro como falta de precisão nos relógios e tracking de sinal. 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 GNSS cation systems requires the knowledge of the problems inherent errors such as multipath effect, clock precision and power constraints. Since some of the topics were not covered by previous courses, this course begins by familiarizing the students with the different constrains and advantages of each technique and system as well as with the signals and 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 teórica de 2 horas/semana e uma componente prática de 2 horas/semana. Os conceitos e técnicas básicas são explicados nas aulas teórico-práticas, acompanhados pela resolução de vários problemas ilustrativos e relação dos assuntos tratados com sistemas de GNSS 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 laboratory's 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, técnicas de aquisição, tracking, compensação 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 GNSS 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:

- *Advanced topics on GNSS systems – Volume 1, Signal processing on GNSS systems, P. Montezuma, 2021.*
- *Advanced topics on GNSS systems – Volume 2, GPS, P. Montezuma, 2021*
- *Advanced topics on GNSS systems – Volume 3, Galileo, P. Montezuma, 2021*
- *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems (Springer Handbooks) 1st ed. 2017 Edition, by Peter Teunissen and Oliver Montenbruck.*
- *Introduction to GPS - The Global Positioning System 2nd Edition by Ahmed El-Rabbany, Artech House Inc., 2006.*
- *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, 2nd Edition by Pratap Misra and Per Enge, Ganga-Jamuna Pr, December 2001.*
- *GAL OS SIS ICD/D.0, by ESA, Draft, rev. 0, 23/05/2006.*
- *Several papers (see references on list of support documents)*
- *United States of America, Coast Guard, Navigation Center : <http://www.navcenter.org>.*

Mapa IV - Sistemas para Processamento de Big Data

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas para Processamento de Big Data

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Systems for Big Data Processing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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 Manuel dos Santos Lourenço - 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 é uma UC obrigatória na área de sistemas para processamento de Big Data.

O UC visa apresentar uma perspetiva geral das soluções atuais para processamento de dados, focando-se no armazenamento e processamento distribuído dos dados. Na UC será dado particular ênfase aos modelos programação suportados e sua aplicação.

Conhecimento

- Conhecer as diferentes facetas do processamento em Big Data*
- Conhecer as principais classes de sistemas para armazenamento de grandes volumes de dados*
- Conhecer os modelos de programação genéricos dominantes*
- Conhecer soluções para domínios específicos Aplicação*
- Ser capaz de identificar qual o tipo de sistema apropriado para a resolução dum problema concreto*
- Ser capaz de codificar (a solução para) um problema concreto usando o modelo de programação mais adequado*
- Ser capaz de executar uma aplicação numa plataforma distribuída*

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

This is a mandatory course on big data processing systems. The course provides a broad view of the current solutions for large-scale data processing. It focuses on distributed storage and data processing, with special emphasis on the supported programming models and their application.

Knowledge

- Know the different facets of processing large volumes of data.*
- Know the main classes of systems for storage of large volumes of data*
- Know the dominant programming models for Big Data*
- Know solutions for specific problem domains Application*
- Be capable of identifying the best system class for solving a specific problem.*
- Be capable of coding a specific problem solution in the most suitable programming model*
- Be capable of executing a big data application in a distributed platform.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Visão Geral

a.Motivação,Aplicações

b.Desafios

2.Modelos de programação

a.Batch vs. Incremental vs tempo-real

b.Dados estruturados vs. dados não-estruturados

c.Programação declarative vs. generalista

3.Armazenamento de Dados

a.Sistemas de ficheiros distribuídos (e.g.HDFS)

b.Base de dados relacionais.

c.Bases de dados NoSQL (e.g.keyvalue stores, arquivos de documentos)

d.Integração de múltiplas fontes de dados (e.g.Hive)

4.Plataformas de processamento genéricas

a.Infraestrutura: contexto, propriedades e implicações

b.Modelo mapreduce and plataforma de suporte (e.g.Hadoop)

c.Plataformas de segunda geração (e.g Pig,Spark)

5.Processamento em domínios específicos

a.Bibliotecas para aprendizagem automática (e.g. Spark MLlib)

b.Plataformas para processamento em grafos (e.g. GraphX)

6.Introdução às plataformas para processamento em tempo-real

a.Fontes de dados (e.g. Flume, Kafka)

b.Modelos de dados: micro-batches vs. fluxos contínuos

c.Plataformas de processamento (e.g. Storm,Spark Streaming)

4.4.5. Syllabus:

1.Overview

a.Motivation, Applications b.Challenges

2.Programming models

a.Batch vs. Incremental vs. Real-time

b.Structured data vs. Unstructured data

c.Declarative programming vs. General-purpose

3.Data storage

a.Distributed file systems (e.g. HDFS)

b.Relational databases

c.NoSQL databases (e.g. key-value stores, document stores)

d.Integration of multiple data sources (e.g. Hive)

4.Generic processing platforms

- a.Infrastructure: context, properties and implications
 - b.Map-reduce model and supporting platform (e.g. Hadoop)
 - c.Second generation platforms (e.g. Pig, Spark)
- #### 5.Processing for specific domains
- a.Machine learning libraries (e.g. Spark MLlib)
 - b.Platforms for graph processing(e.g. GraphX)
- #### 6.Introduction to real-time processing platforms
- a.Data sources(e.g. Flume, Kafka)
 - b.Data models: micro-batch vs. continuous
 - c.Processing platforms(e.g. Storm, Spark Streaming)

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

Os conteúdos programáticos contribuem para alcançar os objetivos da unidade curricular como se explica de seguida. O conhecimento das diferentes facetas do processamento em Big Data é abordado de forma geral no tópico 1 dos conteúdos programáticos, sendo as principais facetas abordadas de forma detalhada nos outros tópicos. Relativamente ao conhecimento dos modelos de programação e das classes de sistemas de armazenamento, estes são abordados nos tópicos 2 e 3 dos conteúdos programáticos. Os tópicos 4, 5 e 6 contribuem para um conhecimento mais profundo das plataformas de processamento genéricas, para domínios específicos e para processamento em tempo real, incluindo conhecimentos do tipo de problemas que cada uma permite endereçar eficientemente, como se codificam e executam soluções nestas plataformas.

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

The syllabus contributes to achieve the unit's objectives as explained next. The different facets of Big Data processing are overviewed in syllabus topic 1, with the most important facets being detailed in the following topics. Programming models and storage classes for Big Data are addressed in topics 2 and 3 of the syllabus. Topics 4, 5 and 6 contribute to a deeper knowledge of generic processing platforms, as well as platforms for specific domains and processing of realtime data. These topics address the problems that can be efficiently handled by each type of platform, how to code and deploy solutions for such problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas expõe-se e discutem-se os tópicos do programa da UC, recorrendo a sistemas existentes para ilustrar as questões em destaque. As aulas práticas fornecem aos estudantes a experiência no desenvolvimento de soluções de processamento de dados em grande escala, usando uma seleção das plataformas existentes. São realizadas demonstrações, resolvidos exercícios e o acompanhamento dos dois pequenos trabalhos práticos a resolver durante o semestre. A avaliação será baseada nos seguintes componentes: dois testes (25% cada); dois trabalhos de programação, resolvidos em grupo (15% + 35%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the lectures, the topics that comprise the course syllabus are presented and discussed, using existing systems and platforms to highlight the issues and present concrete examples. In labs, the students acquire experience on developing solutions for large-scale data processing problems, using a selection of current platforms and systems. Classes comprise demos, exercises and support for the two programming assignments. Grading is based on the following components: two quizzes (25% each) and two team programming-assignments (15% + 35%).

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

As metodologias de ensino têm como objetivo dar uma visão abrangente e crítica dos problemas e das soluções para processamento de dados em grande escala. Tal é conseguido através da exposição dos conceitos e técnicas fundamentais nas aulas teóricas. As aulas práticas visam a consolidação e a colocação em prática do conhecimento através de exemplos, exercícios e a realização dois trabalhos de programação.

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

The teaching methodology intend to provide students with broad and critical view of the problems and solutions for large-scale data processing. That is achieved by using lectures to present the key concepts, tools and techniques in data processing. Labs provide consolidation the acquired knowledge and its application using concrete examples, exercises and two programming assignments.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers, and Techniques
ISBN: 0134291077
Prentice Hall, 2016

Mapa IV - Programação Avançada para Ciência e Engenharia de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação Avançada para Ciência e Engenharia de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Programming for Data Science and Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

I

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Carlos Augusto Isaac Piló Viegas Damásio - 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 UC o estudante de ciências e engenharia a nível de primeiro ciclo terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:
Compreender e ser capaz de desenvolver as atividades de tratamento e transformação dos dados experimentais ou de sensores para posterior análise exploratória de dados.
Compreender o modelo relacional e ser capaz de exprimir interrogações usando os operadores relacionais para obter dados de uma base de dados relacional.
Compreender os desafios associados ao processamento de grandes quantidades de dados. Perceber o papel da interação e conhecer as principais técnicas de interação.
Ser capaz de estruturar um programa não trivial em funções, classes e módulos.
Ser capaz de exprimir computações usando um modelo imperativo ou operadores funcionais. Conhecer e ser capaz de exprimir computações sobre dados complexos e espaço-temporais.
Conhecer e saber escolher as visualizações de dados mais adequadas aos dados e às análises pretendidas.*

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

*Knowledge: The meaning of the programming constructs included in the Python language; Designing and building a small application, using the Python language, and the development methodology defined in this course; Know the components and basic tools of a software development environment and their role. Know basic domain specific algorithms.
Know-how: Develop well-organized, small-sized, programs, following a given set of standards; Project and write correctly simple algorithms; Read and explain/mentally simulate the functionality of code fragments written in the Python programming language; Correctly use, to the expected level, programming tools, as well as interpret their results; Develop as a team, a software development mini-project, using the skills acquired in this course.
Soft-Skills: Develop disciplined work and deadline meeting skills; Develop a concern with rigour and the systematic execution of work plans, following previously defined methods; Develop team work skills.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1.Introdução à Programação para Análise de Dados a.Ciência de Dados
b.Metodologia CRISP
2.Estruturação e organização de Software a.Módulos, Classes e utilização de APIs
b.Modelo de processamento funcional de dados (operadores map, flatmap, reduce, etc.)
c.Modelos de deployment de programas (e.g. bibliotecas, programas independentes, Jupyter Notebooks)
3.Acesso, consulta e tratamento de dados
a.Dados espaço-temporais e complexos. Formas de acesso a conjuntos de dados
b.Linguagem de interrogação de dados relacionais: SQL. Projeções, seleções, junções e agregações. c.Tratamento e*

transformação de séries e dados tabulares.

4. Visualização

a. Fundamentos da visualização interativa de dados

b. Principais instrumentos de visualização de dados para análise exploratória de dados

c. Uso de bibliotecas python para visualização de dados e desenho de pequenos painéis interativos

5. Escalabilidade e serviços na Cloud a. Desafios e aproximações

b. Framework de computação paralela (e.g. Spark)

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to Programming for Data Analysis.

a) Data Science b). CRISP Methodology

2. Software structuring and organization. a) Modules, Classes, and API Usage

b) Functional data processing (map, flatmap, reduce, etc. operators). c) Program deployment models (e.g. libraries, Jupyter Notebooks)

3. Data processing and querying.

a) Spatio-temporal and complex data. Methods for data access.

b) Relational Data Interrogation Language: SQL. Projections, selections, joins and aggregations. c) Manipulation of data series and tabular data.

4. Data Visualization.

a) Fundamentals of interactive data visualization

b) Main data visualization tools for exploratory data analysis

c) Using python libraries for data visualization and small interactive dashboard design.

5. Scalability and Cloud Services.

a) Challenges and approaches

b) Parallel computing frameworks (e.g. Spark)

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

O principal objetivo da UC é fornecer ao estudante os conhecimentos e competências necessárias para desenvolver programas que lhe permitam efetuar processamento de dados, como requerido pelas ciências e engenharias.

Após a introdução, os conteúdos programáticos focam-se em quatro temas complementares.

O primeiro, aborda tópicos de estruturação e organização de software, os quais são fundamentais para ser capaz de desenvolver programas não triviais.

O segundo, aborda a problemática do acesso, consulta e tratamento de dados. Estes tópicos fornecem os conhecimentos e competências para aceder a dados, tratá-los e exprimir computações sobre os dados.

O terceiro tema aborda a problemática da visualização, fornecendo os conhecimentos necessário para selecionar a visualização apropriada aos diferentes problemas.

O último tema aborda a problemática do processamento de grandes quantidades de dados, fornecendo os conhecimentos base para lidar com o problema.

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

The main objective of the course is to provide science and engineering students the knowledge and skills necessary to develop programs that enable him / her to perform data processing, using a pedagogical translational approach adequate to the target population After the introduction, the syllabus focuses on four complementary themes. The first deals with software architecture topics, fundamental for developing nontrivial software systems. The second deals with the problem of access, querying and data processing. These topics provide knowledge and skills to access data, process it, and express computations about the data. The third theme addresses the visualization issues, providing the knowledge necessary to select the visualization techniques appropriate to different scenarios. The following topic covers basics of machine learning. The last theme addresses the problem of processing large amounts of data, providing the basic knowledge to understand key big data issues.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular será suportada em aulas teóricas onde serão enquadrados os tópicos principais a serem abordados. O ensino teórico recorrerá a muitos exemplos de datasets existentes para ilustrar problemas típicos encontrados quando se tem que lidar com dados reais. Serão fornecidas as boas práticas, soluções e metodologias informáticas para atacar estes problemas. As aulas práticas serão fundamentalmente baseadas na linguagem e ecossistema Python para a análise e visualização de dados, uma das soluções mais utilizadas pela academia e indústria. O ambiente Python será integrado com um conjunto de ferramentas e serviços externos, ilustrando um ambiente real de processamento e tratamento de dados.

Avaliação baseada em trabalho prático (50%) e em 2 testes (cada 25%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Recitation lectures will draw on many examples of existing datasets to illustrate typical problems encountered when dealing with actual data. Best practices, solutions and computing methodologies to address these problems will be demonstrated. The hands-on classes will be fundamentally based on the Python language and its ecosystem for data analysis, machine learning and visualization, one of the most widely used solutions by academia and industry. The Python environment will be integrated with a set of external tools and services, illustrating a real data processing and processing environment. Assessment will be based on practical work (50%) and 2 tests (each 25%).

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

As aulas teóricas introduzem os problemas, conceitos e técnicas abordados na UC. As aulas práticas e os trabalhos são usados para colocar em prática estes conhecimentos na resolução de problemas, utilizando linguagens e ferramentas atuais.

A combinação das aulas teóricas com as aulas práticas é fundamental para a consolidação dos conhecimentos e aptidões através da prática, com a utilização de exemplos com dados reais variados.

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

Recitation lectures introduce the problems, concepts and techniques covered in the course. Practical classes and assignments are used to put this problem-solving knowledge into practice using current languages and tools. The combination of theoretical and practical classes is fundamental for the consolidation of knowledge and skills through practice, using examples with varied real data.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Database System Concepts, 7th Edition (essencialmente capítulos 2,3 e 4) Abraham Silberschatz, Henry F. Korth and S. Sudarshan McGraw Hill, 2019

Anand Balachandran Pillai, Software Architecture with Python, Packt Publishing, 2017.

Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Applications, Second Edition. Matthew O. Ward, Georges Grinstein, Daniel Keim, 2015, ISBN 9781482257373

Moreira, João, Andre Carvalho, and Tomás Horvath. A General Introduction to Data Analytics. John Wiley & Sons, 2018.

Mapa IV - Introdução à Investigação Operacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Investigação Operacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Operational Research

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Ruy Araújo da Costa - 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 desenvolvido competências que lhe permitam:

- formular e resolver problemas de Programação Linear (Inteira);*
- identificar e resolver problemas básicos de Teoria da Decisão;*
- formular e resolver problemas de Filas de Espera;*
- gerar números pseudo-aleatórios e aplicá-los no contexto da Simulação de Filas de Espera.*

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

After this course a student should be able to:

- *formulate and solve (Integer) Linear Programming problems;*
- *identify and solve basic Decision-Making problems;*
- *formulate and solve Queueing problems;*
- *generate pseudo-random numbers and use them to Simulate Queueing Systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1 - *Programação Linear: Formulação de Problemas. Alg. Simplex Revisto. PLI: Alg. Branch and Bound. Alg. Transportes.*
- 2 - *Teoria da Decisão: Decisão em Incerteza e Risco. Árvores de Decisão.*
- 3 - *Filas de Espera: Modelos básicos de FE, com distribuições não exponenciais e com Disciplina Prioritária. Redes de FE.*
- 4 - *Simulação: Métodos de geração de NPA's. Aplicações às FE.*

4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Linear Programming: Formulating problems. Revised Simplex Alg. ILP: Branch and Bound Alg. Transportation Problem.*
- 2 - *Decision Theory: Decisions under risk and under uncertainty. Decision Trees.*
- 3 - *Queueing Theory: basic models, non-Exponential distributions models, models with Priorities. Queueing Networks.*
- 4 - *Simulation: Pseudo-Random Numbers Generation Methods. Applications to Queueing Theory.*

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

As primeiras 6 a 7 semanas do semestre são dedicadas ao estudo da Programação Linear (Inteira), cobrindo os objetivos enunciados.

Os objetivos enunciados relativos à Teoria da Decisão são cobertos em 2 semanas.

O estudo das Filas de Espera é feito em 4 semanas.

A aplicação da Simulação às Filas de Espera é feita em 2 a 3 semanas.

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

The first 6 to 7 weeks of the semester are used to study (Integer) Linear Programming, covering its learning outcomes.

The introduction to Decision Making is done in 2 weeks.

Queueing Theory is studied in 4 weeks.

Application of Simulation to Queueing problems is done in 2 to 3 weeks.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas servem para a apresentação dos conteúdos do Programa.

Nas aulas práticas faz-se a aplicação de conceitos teóricos com a resolução de exercícios.

A classificação final na unidade curricular é a média simples obtida nos 2 Testes ou a classificação no Exame. Há defesa de nota (que pode incluir uma prova escrita e/ou um trabalho complementar e/ou oral) para classificações superiores a 16.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures will be used to introduce students to the main topics.

Labs allow students to apply theoretical concepts, solving exercises.

Final grade is the average of the grades from 2 Tests or the grade in the Exame. An additional test and/or project and/or oral exam is required for final grades above 16.

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

A componente teórica necessária para atingir os objetivos de aprendizagem é ministrada nas aulas teóricas. As aulas práticas asseguram o contexto adequado para a sedimentação da aprendizagem.

A UC é apoiada com uma página moodle com testes semanais, que apoiam a aprendizagem.

É assegurado um horário de atendimento semanal, para apoiar os alunos.

Os requisitos de acesso a cada um dos testes e a obtenção de Frequência visam assegurar que os alunos acompanham regularmente a matéria e, assim, maximizam a sua probabilidade de sucesso na UC.

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

In order to satisfy the learning outcomes, theoretical aspects of the topics are addressed in the Lectures. Laboratory sessions ensure the adequate context for full understanding of the topics studied in this course.

This course has a moodle webpage with weekly Tests, to allow students to assess their learning.

There is a weekly office hours schedule, to support students learning.

The requirements to access each Test, as well as requirements to complete assessment (Frequência), are supposed to pressure students into a regular contact with the course, thus maximizing their success in the course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Introduction to Operations Research (1990 - 5ªEd.), Hillier, Lieberman - Mc Graw Hill*
2. *Operations Research - An Introduction (1992 - 5ª Ed.) Taha - Prentice Hall*
3. *"Elementos de apoio às aulas de IIO", "Enunciados de Exercícios de IIO", Ruy A. Costa*
4. *Investigação Operacional (1996), Valadares Tavares et al - Mc Graw Hill*

Mapa IV - Fundamentos e Tecnologia para Gases Rarefeitos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos e Tecnologia para Gases Rarefeitos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Fundamentals and Technology for Rarefied Gases

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro - 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 a dinâmica dos gases rarefeitos;*
- Compreender a tecnologia de geração e medida de gases rarefeitos;*
- Dimensionar e operar sistemas de alto e ultra-alto vácuo;*
- Compreender e ser capaz de realizar ensaios de fugas quantitativos;*
- Compreender os processos de ionização, de geração e de aceleração de iões que estão na base de propulsores iónicos;*
- Familiarizar-se com ferramentas de simulação de trajetórias de iões em campos eletromagnéticos.*

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 knowledge, skills and competences that allow him to:

- Understand the dynamics of rarefied gases;*
- Understand the technology for generating and measuring rarefied gases;*
- Design and operate high and ultra-high vacuum systems;*
- Understand and be able to perform quantitative leak tests;*
- Understand the processes of ionization, generation and acceleration of ions that are the basis of ionic thrusters;*
- Become familiar with simulation tools of ion trajectories in electromagnetic fields.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Intervalos de vácuo e aplicações*
- 2. Fundamentos, débito, condutâncias, regimes de escoamento e velocidades de bombeamento*
- 3. Geração e medida de vácuo*
- 4. Materiais, acessórios e técnicas de união*
- 5. Ensaios de fugas e controlo de qualidade*
- 6. Leis que governam a emissão de iões*

7. Fontes de iões e sistemas de aceleração
8. Simulação de sistemas com partículas carregadas

4.4.5. Syllabus:

1. Vacuum ranges and applications.
2. Fundamentals, throughput, conductances, flow regimen and pumping speeds
3. Vacuum generation and measuring
4. Materials and fittings, joining techniques.
5. Leak testing and quality control
6. Laws governing ion emission
7. Ion sources and acceleration systems
8. Simulation of charged particles systems

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

Os conteúdos programáticos começam por enquadrar a unidade nas suas aplicações industriais e científicas. Depois de rever alguns conceitos fundamentais passa-se a descrever a maior parte das tecnologias modernas para geração e medida de vácuo, bem como o projeto e o ensaio de sistemas de vácuo. Uma abordagem semelhante é usada para as fontes de iões.

O desenvolvimento dos conteúdos é acompanhado com trabalhos práticos onde os estudantes irão operar equipamento de vácuo, realizar medições e ensaios de fugas. Em ótica de partículas carregadas os estudantes são introduzidos a uma aplicação de simulação (SIMION) que lhes permitirá simular fontes e aceleradores de iões. Existem também 3 sessões de resolução de problemas que envolvem o cálculo e o dimensionamento de sistemas.

Desta forma os estudantes obterão um conhecimento abrangente na área e desenvolverão um sentido crítico sobre a matéria. A componente experimental e os exercícios permitirá consolidarem a sua formação.

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

The syllabus begins by contextualize the unit in its industrial and scientific applications. After reviewing some fundamental concepts, most of the modern technologies for vacuum generation and measurement are described, as well as the design and testing of vacuum systems. A similar approach is used for ion sources.

The development of content is accompanied by practical work where students will operate vacuum equipment, carry out measurements and leak tests. In charged particle optics students are introduced to a simulation application (SIMION) that will allow them to simulate ion sources and accelerator optics. There are also 3 exercises sessions that involve calculating and sizing systems.

In this way, students will obtain a comprehensive knowledge on the area and develop a critical sense of the topic. The experimental component and exercises will allow them to consolidate their training.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O programa será apresentada em aulas teórico-práticas, com ajudas visuais e em constante discussão com os estudantes. Cada semana haverá também aulas práticas de laboratório de resolução de problemas. Também haverá várias aulas práticas de simulação em computador.

Os estudantes serão convidados a expor um de vários temas a serem propostos para a turma.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The program will be presented in theoretical-practical classes, with visual aids and in constant discussion with the students. Each week there will also be hands-on problem-solving and lab classes. There will also be several practical computer simulation classes.

Students are also invited to present to the class one of several themes to be proposed.

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

As metodologias de ensino têm uma componente teórica que deve capacitar os alunos para compreenderem os fundamentos físicos e os avanços tecnológicos neste campo. No entanto, as metodologias de ensino não se limitam somente à teoria, também têm uma forte componente de cariz prático, o que permite habilitar os alunos a resolver problemas reais com técnicas avançadas como a simulação. O recurso a software de simulação, combinado com os conhecimentos teóricos, irá capacitar os estudantes para resolver corretamente problemas do mundo real.

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

Teaching methodologies have a theoretical component that should enable students to understand the physical foundations and technological advances in this field. However, teaching methodologies are not limited only to theory, they also have a strong practical component, which enables students to solve real problems with advanced techniques such as simulation. The use of simulation software, combined with theoretical knowledge, will enable students to correctly solve real-world problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Building Scientific Apparatus*, John H. Moore, Christopher C. Davis, Michael A. Coplan, Addison-Wesley, 2009
2. *Tecnologia de Vácuo*, A.M.C. Moutinho, M.E.F. Silva, M. Áurea Cunha, UNL, 1980
3. *Modern Vacuum Physics*, Austin Chambers, CRC, 2004 (*)
4. *Vacuum Technology*, A. Roth, Elsevier, 1990
5. *A User's Guide to Vacuum Technology*, John O'Hanlon, Wiley, 2003
6. *Building Scientific Apparatus*, John H. Moore, Christopher C. Davis, Michael A. Coplan, Addison-Wesley, 1983

7. *Tecnologia de Vácuo*, A.M.C. Moutinho, M.E.F. Silva, M. Áurea Cunha, UNL, 1980
8. *Modern Vacuum Physics*, Austin Chambers, CRC, 2004
9. *Vacuum Technology*, A. Roth, Elsevier, 1990
10. *A User's Guide to Vacuum Technology*, John O'Hanlon, Wiley, 2003
11. *Handbook of Vacuum Technology* – by Karl Jousten (Editor), Wiley 2008

Mapa IV - Materiais Estruturais para Aeroespacial

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Materiais Estruturais para Aeroespacial

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Structural materials for aerospace

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMt

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-42

4.4.1.6. Créditos 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):

Alexandre José da Costa Velhinho - T: 28; PL: 42

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:

- 1 – Identificar: um material como híbrido ou monolítico; classes de materiais; propriedades dos materiais; Vantagens e inconvenientes da utilização das diferentes soluções;*
- 2 – ter conhecimento da anisotropia mecânica, e de como ela pode servir para a otimização do desempenho de componentes; ter conhecimento de como controlar "rigidez" e "resistência" direcionais;*
- 3 – conhecer a influência dos defeitos de fabrico nas propriedades mecânicas, em particular na resistência e tenacidade à fratura de um componente;*
- 4 – Utilizar todos estes conceitos para uma nova metodologia de projeto em materiais estruturais de engenharia – avaliando, com recurso a metodologias simplificadas de seleção de materiais, se o material considerado é o mais indicado para assegurar a funcionalidade do componente.*

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

At the end of the course, students should:

- 1 – Identify a given material as hybrid or monolithic; identify material types, and know its typical properties; evaluate each material's comparative advantages and disadvantages;*
- 2 - understand how the mechanical anisotropy arises, and how it may be used for part optimization. Moreover, to understand how to control the stiffness and strength of parts as a function of the nature and shape of the materials used;*
- 3 - understand the links between defects and mechanical properties, particularly upon the strength and fracture toughness of a structural material;*
- 4 - merge all the above concepts into a new design methodology involving engineering structural materials – knowing*

in advance, by resorting to simple materials selection methodologies, whether the material being considered constitutes the best solution for the job.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Materiais estruturais para aplicações aeroespaciais*
 - o *Materiais monolíticos*
 - Ligas metálicas ferrosas*
 - Ligas metálicas não ferrosas*
 - o *Materiais híbridos: tipologias*
 - Espumas e materiais celulares*
 - Materiais hierárquicos*
 - Materiais com gradiente de funcionalidade*
 - Materiais compósitos*
 - o *Materiais híbridos: processamento*
 - o *Materiais híbridos: comportamento*
 - Deformação elástica*
 - Resistência mecânica, tenacidade e fadiga*
 - Comportamento térmico*

4.4.5. Syllabus:

- *Structural materials for aerospace applications*
 - o *Monolithic materials:*
 - Ferrous alloys*
 - Non-ferrous alloys*
 - o *Hybrid materials: typology*
 - Foams and cellular materials*
 - Hierarchical materials*
 - Functionally graded materials*
 - Composite materials*
 - o *Hybrid materials: processing*
 - o *Hybrid materials: behavior*
 - Elasticity*
 - Strength, toughness and fatigue resistance*
 - Thermal behavior*

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

O programa cobre uma gama diversificada de materiais, tecnologias de fabrico e domínios de aplicação, de modo a suportar os objetivos da unidade curricular, através da compreensão de:

- *diferentes papéis dos materiais constituintes de uma estrutura;*
- *importância da interfaces e ligações entre diferentes materiais, bem como da sua arquitetura espacial;*
- *constrangimentos impostos às tecnologias de fabricação;*
- *necessidade de uma abordagem integrada do projeto de componentes.*

Parte do tratamento durante a unidade curricular é referente a progressos recentes, assentando na experiência adquirida a partir da investigação científica desenvolvida internamente.

Os tópicos apresentados conferem um suporte adequado ao desempenho dos estudantes durante a realização de trabalho laboratorial, desde experiências simples de fabricação de compósitos até à caracterização estrutural e determinação do correspondente comportamento mecânico dos materiais.

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

The syllabus covers a wide range of materials, fabrication technologies and application domains, in order to support the main objectives of the curricular unit, by providing the student with an understanding of:

- *the differing roles played by the constitutive materials;*
- *the significance of the interface between the constitutive materials, as well as their spatial architecture;*
- *the constraints on fabrication technologies;*
- *how the above-mentioned issues lead to an integrated approach in part design.*

Part of the treatment of the subject deals with recent advances in materials development.

The topics presented support the students on performing laboratorial work, from simple composite fabrication experiments, to structural and mechanical characterization of materials.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Consideram-se dois tipos de aulas: teóricas / teórico-práticas e de laboratório. As aulas teóricas, bem como as teórico-práticas, serão ministradas com recurso a projetor multimédia, tendo os estudantes acesso a cópia do conteúdo projetado na página da disciplina, suportada na plataforma Moodle. Será igualmente realizada a resolução de problemas, efetuado o estudo de casos, recorrendo à análise de artigos científicos. Os trabalhos de laboratório serão realizados pelos próprios estudantes, sob orientação do docente e focam os diferentes tópicos do programa.

O ensino poderá ser complementado por uma visita de estudo à unidade de produção de compósitos das OGMA, ou outra unidade equivalente, igualmente sujeita à apresentação de relatório.

A avaliação será constituída por 2 testes, complementados por um trabalho de grupo e por um trabalho individual.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Two types of lessons will be considered: Lectures (theory / practice) and laboratory. Lectures will be given using PowerPoint slides, students having access to copies on the course page in the Moodle platform. Problem solving sessions will take place, as well as different case study analysis, based on scientific articles. The laboratory work will be performed by the students under the guidance of the teacher and focus on the different topics of the syllabus. A visit to the composite production unit of OGMA, an aeronautical construction business, or other equivalent facility, may complement the unit.

Evaluation consists of two written tests, complemented by the execution and analysis of a collective assignment and an individual assignment.

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

O ensino tem um carácter teórico/prático e experimental que permitirá aos alunos adquirir e aplicar os conhecimentos no desenvolvimento de novos materiais para as mais diversas aplicações. Nas aulas teórico/práticas a matéria é exposta e são estudados casos (análise de artigos científicos) e resolvidos problemas assentes em situações reais, o que permitirá a consolidação dos conhecimentos que posteriormente serão postos em prática nas aulas de laboratório. Desta forma, aulas teóricas/práticas e de laboratório complementam-se de forma a fornecer uma aprendizagem integrada. Os trabalhos de laboratório assumem um peso importante na avaliação da unidade curricular já que é através destes que os alunos adquirem competências em termos experimentais que lhes permitirão aplicar técnicas laboratoriais diversas no desenvolvimento de novos materiais compósitos.

No decurso do semestre, proceder-se-á a um apelo constante a conhecimentos adquiridos anteriormente, procurando ainda estabelecer as bases para assuntos relacionados a tratar noutras unidades curriculares.

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

Teaching has theoretical and experimental components that will allow students to acquire and apply knowledge in developing new materials for a wide range of applications. In lectures, the subjects will be presented and explained, and case studies will be analyzed (scientific papers), as well as solving problems based on real situations, which will allow the consolidation of knowledge that will later be put into practice in labs. Thus, lectures and laboratory classes complement each other in order to provide an integrated learning. Lab works assume an important role in the evaluation of the curricular unit as it is through these that students acquire skills in experimental terms that allow them to implement different laboratory techniques in the development of new composite materials.

Throughout the semester, a constant demand will be placed on knowledge previously acquired, and special care will be taken in order to establish firm bridges to other curricular units.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Sohel Rana, Raul Figueiro, eds., "Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering: Processing Properties and Applications", ed. Woodhead Publishing, Bristol (2016), 474 pp.

Daniel Gay, Suong V. Hoa, "Composite Materials – Design and Applications", 2nd edition, ed. CRC Press, Boca Raton – London – New York (2007), 548 pp.

D. Hull, T.W. Clyne, "An Introduction to Composite Materials", 2nd edition, Cambridge Solid State Science series, ed. Cambridge Press University, Cambridge (1996), 326 pp.

T.W. Clyne, P.J. Withers, "An Introduction to Metal Matrix Composites", Cambridge Solid State Science series, ed. Cambridge University Press, Cambridge (1995) 510 pp.

B. Cantor, F.P.E. Dunne, I.C. Stone (Eds.) "Metal and Ceramic Matrix Composites", Science in Materials Science and Engineering series, ed. Institute of Physics, Bristol – Philadelphia (2004) 430 pp.

Valery V. Vasiliev, Evgeny V. Morozov, "Mechanics and Analysis of Composite Materials", ed. Elsevier, Amsterdam (2001) 430 pp.

Mapa IV - Aspetos Ambientais e Monitorização de Saúde

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aspetos Ambientais e Monitorização de Saúde

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Environmental aspects & health monitoring

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T-28 PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Valentina Vassilenko - T: 7, PL: 7

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

Hugo Gamboa - T: 7, PL: 7

Ricardo Vigário - T: 14, PL: 14

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

Nesta UC serão introduzidos os conceitos e os formalismos de proteção da saúde humana durante voos espaciais, tais como o impacto ambiental durante o voo espacial e monitorização de saúde de astronautas, as principais características do equipamento e dispositivos médicos adequados para esta finalidade, processamento de sinal biomédico e tratamento de dados experimentais adquiridos, enquadrados com exemplos de aplicações e aulas práticas.

Pretende-se que, no final da UC, os alunos demonstrem compreender bases teóricas da natureza de diferentes condições que surgem durante o voo espacial e os seus principais efeitos na saúde de astronautas e adquirirem os conhecimentos dos métodos e dispositivos para a sua medição e monitorização. Os alunos devem ser capazes de analisar os sinais biomédicos multifonte de monitorização fisiológica, conhecer e dominar o equipamento experimental utilizado nas aulas laboratoriais para fins de aquisição de sinais fisiológicos e fazer a sua interpretação.

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

In this course, the concepts and formalisms of human health protection during spaceflight will be introduced, such as the environmental impact during spaceflight and health monitoring of astronauts, the main characteristics of equipment and medical devices suitable for this purpose, biomedical signal processing and treatment of acquired experimental data, framed with examples of applications and practical classes.

It is intended that, at the end of the course, students shall demonstrate an understanding of the theoretical basis of the nature of different conditions that arise during space flight and their main effects on the health of astronauts and acquire knowledge of methods and devices for their measurement and monitoring. The students should be able to analyze the multisource biomedical signals of physiological monitoring, have knowledge of experimental equipment used in laboratory classes for the purpose of acquiring physiological signals and their interpretation.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Aulas teóricas

- *Introdução: Voos espaciais e necessidade de novos métodos de proteção de saúde humana*
- *Efeitos de microgravidade e radiação na saúde humana*
- *Efeitos nocivos e toxicidade ambiental nos espaços fechados*
- *Equipamento médico para monitorização da saúde de astronautas*
- *Métodos e aquisição de sinais fisiológicos*
- *Processamento de biosinais multifonte.*
- *Processos de anotação de sinais biomédicos*
- *Desenho de estudos clínicos no contexto de alta performance humana*

Aulas laboratoriais:

1. *ECG & Pulso*
2. *EMG*
3. *Monitorização da Pressão Arterial*

Mini-projeto:

Aplicação, processamento e tratamento de sinal biomédico (1D, 2D ou 3D)

4.4.5. Syllabus:

Lectures

- *Introduction: Space flights and the need for new methods of protecting human health*
- *Effects of microgravity and radiation on human health*
- *Harmful effects and environmental toxicity in closed spaces*
- *Medical equipment for monitoring the health of astronauts*
- *Methods and acquisition of physiological signals*
- *Multisource biosignal processing.*
- *Biomedical signal annotation processes*
- *Design of clinical studies in the context of high human performance*

Laboratory sessions:

1. ECG and Pulse
2. EMG
3. Blood Pressure Monitoring

Mini-project:

Application, processing and treatment of biomedical signal (1D, 2D or 3D)

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

O conteúdo programático apresentado cobre as principais temáticas da proteção e monitorização da saúde humana durante longa permanência nos espaços fechados em condições de efeitos de microgravidade e radiação, os métodos e equipamento médico para a sua monitorização, aquisição do sinal em contínuo de diferentes equipamentos, o seu processamento e interpretação. Os conceitos e os formalismos fundamentais são explicados, discutidos e exemplificados. Os conteúdos proporcionam também uma introdução aos métodos de aquisição e processamento de sinais fisiológicos multifonte. Igualmente, alunos podem aprender bases de alguns métodos de diagnóstico utilizados em medicina.

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

The syllabus covers the main themes of protection and monitoring of human health during long stays in closed spaces in conditions of microgravity and radiation effects, the methods and medical equipment for their monitoring, continuous signal acquisition from different equipment, the its processing and interpretation. Fundamental concepts and formalisms are explained, discussed and exemplified. The contents also introduce multi-source physiological signal acquisition and processing methods. Likewise, students can learn the basics of some diagnostic methods used in medicine.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino é composto por três componentes:

- Aulas teóricas (TEOR), onde os conceitos fundamentais da cadeira são transmitidos, exemplificados e discutidos.
- A componente prática (PRAT), que prevê realização de secções de aulas práticas sobre o processamento de sinal e de 2 trabalhos laboratoriais. Esta componente consiste em aprendizagem de medição de sinais fisiológicos do corpo humano por meio de equipamento específico, analisar e interpretar os resultados obtidos.
- O mini-projeto (MP) que consiste na elaboração de um trabalho escrito sobre um tema proposto por professor.

A componente prática e mini-projeto são realizados por grupos de dois alunos.

Cada componente é avaliado, com os pesos na nota final indicados:

TEOR - 30%

PRAT - 10%

MP – 60%

Cada um destes elementos de avaliação é cotado até 20 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching consists of three components:

- Lectures (TEOR), where the fundamental concepts of the chair are transmitted, exemplified and discussed.
- The practical component (PRAT), which includes practical sessions on signal processing and 2 laboratory assignments. This component consists of learning to measure physiological signs of the human body by means of specific equipment, analyzing and interpreting the results obtained.
- The Mini-Project (MP) which consists of the preparation of written work on a topic proposed by Professor.

The PRAT and MP are performed by groups of two students.

Each component is evaluated, with the weights indicated in the final grade:

TEOR - 30%

PRAT - 10%

MP - 60%

Each of these elements of assessment is quoted to 20.

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

O ensino tem um carácter teórico-prático que permitirá aos alunos desenvolver e aplicar o raciocínio científico e adquirir habilitações práticas sobre os principais tópicos desta Unidade Curricular.

Os conceitos e os formalismos fundamentais da são lecionados nos conteúdos teóricos da disciplina, explicados e discutidos nos exemplos apresentados, bem como particularizados nas aulas práticas e laboratoriais. Uma forte componente das aulas práticas permite aprofundar os conteúdos teóricos e adquirir habilitações práticas em aquisição e tratamento dos sinais fisiológicos em vivo, aprender os diferentes tipos de equipamento médico e de investigação, os métodos e o software para o tratamento de dados, saber analisar os sinais e interpretar os resultados obtidos.

O mini-relatório que consiste na elaboração de trabalho escrito sobre um dos tópicos da disciplina, destina-se a ajudar a sedimentar os conceitos básicos que o aluno aprendeu ao longo da disciplina e aplicá-los na abordagem de um assunto completar ao programa.

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

Teaching has a theoretical-practical nature that will allow students to develop and apply scientific reasoning and acquire practical skills on the main topics of this Curricular Unit
The fundamental concepts and formalisms of are taught in the theoretical contents of the discipline, explained and discussed in the examples presented, as well as particularized in practical and laboratory classes.
A strong component of practical classes allows you to deepen theoretical content and acquire practical skills in the acquisition and treatment of physiological signals in vivo, learn about different types of medical and research equipment, methods and software for data processing, know how to analyze signals and interpret the results obtained.
The mini-project, which consists of the elaboration of a written work on one of the topics of the discipline, is intended to help consolidate the basic concepts that the student has learned throughout the discipline and apply them in approaching a subject to complete the program.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Biosignal and Medical Image Processing*, John L. Semmlow, Benjamin Griffel, 3rd Edition, 2021, CRC Press;
2. James, JT. Health effects of atmospheric contamination, Chapter 21 in *Principles of Clinical Medicine for Space Flight*, Eds.MR Barratt and SL Pool, Springer, New York;
3. B.H.Brown, et.al. *Medical Physics and Biomedical Engineering*;
4. *Space Toxicology: Protecting Human Health During Space Operations*; DOI: 10.1177/1091581810386389;
5. *Slides das aulas teóricas, vários artigos científicos e manuais do equipamento de medição de sinais fisiológicos.*

Mapa IV - Tecnologia de Superfícies e Interfaces

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Superfícies e Interfaces

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Technology of Surfaces and Interfaces

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL-28

4.4.1.6. Créditos 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):

Maria de Fátima Guerreiro da Silva Campos Raposo - PL: 14

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

Susana Isabel Santos Silva Sérgio Venceslau - PL: 14

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

O objetivo desta Unidade Curricular é proporcionar aos alunos conhecimento sobre física dos diferentes tipos de filmes finos. Esta UC irá proporcionar uma profunda compreensão dos métodos de produção e propriedades de filmes finos, permitindo que os alunos se familiarizem com as questões científicas primordiais associadas a estas tecnologias e levarem esse conhecimento, e metodologias associadas, para os próximos estágios da sua vida profissional.

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

The aim of this Curricular Unit is to provide students with knowledge on the physics of different types of thin films. This curricular unit will provide a deep understanding of the production methods and properties of thin films, allowing the students to get acquainted with the primordial scientific questions associated to these technologies, bringing this knowledge, and associated methodologies, to the next stages of its professional life.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: Definições e propriedades. Processamento de superfícies. Deposição de Filmes finos: métodos químicos e físicos; Plasmas e descargas magnetron; pulverização catódica; Preparação das superfícies; criação de padrões. Filmes finos: Condensação, nucleação e crescimento de filmes finos; Estruturas nos filmes finos; Espessura, composição, propriedades óticas, mecânicas e elétricas. Aplicações tecnológicas dos filmes finos em/para: componentes eletrônicos ativos; dispositivos magnéticos e supercondutores; microelectrónica; decoração; aplicações mecânicas; biocompatibilidade; Grafeno e aplicações; Superfícies hidrofóbica e hidrófilas; Manipulação atômica e formação de nanoestruturas. Métodos de Filmes Orgânicos: Monocamadas e Heteroestruturas Moleculares: Adsorção química; Langmuir, Langmuir-Blodgett, Adsorção física; Camada-por-camada; "Spray"; Encapsulamento molecular; Jato de Tinta; Litografia dedicada.

4.4.5. Syllabus:

Introduction: Definitions and properties. Surface Processing. Deposition of thin films: chemical and physical methods; Plasmas and magnetron discharges, sputtering, preparation of surfaces, creating patterns. Thin films: Condensation, nucleation and growth of thin films; structure: thickness, composition, mechanical, electrical and optical properties. Technological applications: Active electronic components, magnetic and superconducting devices, microelectronics, decoration; mechanical applications; biocompatibility; Graphene and Applications; hydrophobic and hydrophilic surfaces, atomic manipulation and formation of nanostructures. Methods of Organic Films: Molecular monolayers and Heterostructures: Chemical Adsorption; Langmuir; Langmuir-Blodgett; Physical Adsorption; layer-by-layer; "Spray"; molecular encapsulation; Inkjet; dedicated lithography.

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

Esta Unidade Curricular é uma disciplina de Física, que contempla conceitos físicos fundamentais e modelos sobre filmes finos metálicos, óxidos e orgânicos. Os conteúdos pedagógicos abordam questões fundamentais de produção e propriedades de filmes finos.

Estes temas são apresentados com exemplos de resultados experimentais e modelos adequados. Pretende-se, assim, dotar os alunos com as ferramentas básicas para uma abordagem baseada em conceitos físicos bem definidos da tecnologia atual.

A metodologia de ensino é consistente com os objetivos da unidade curricular. Pretende-se que os alunos apliquem, contextualizem e ampliem os conhecimentos adquiridos nas unidades curriculares anteriores e levem o conhecimento adquirido para os próximos estágios de formação/ vida profissional.

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

This Curricular Unit is a physics course, which includes fundamental physical concepts and models about thin films based on metals, oxides and organic. The pedagogical contents address fundamental issues of thin films production and properties.

These topics are presented with examples of experimental results and models with appropriate assumptions. It is intended to provide students with the basic tools for an approach governed by the fundamental laws of physics to actual thin films technology.

The teaching methodology is consistent with the objectives of the course. It is intended that the students apply, contextualize and amplify the knowledge acquired in the previous curricular units and bring the acquired knowledge to the next stages of formation or active life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas:

Duas aulas presenciais, com a duração de 1 hora cada, apoiadas por apresentações em vídeo-projetor, simulações e demonstrações. Algumas aulas serão reservadas à apresentação de temas de conteúdos programáticos por parte dos alunos.

Aulas Práticas

Uma aula presencial e em grupo, com a duração de 2 horas.

As aulas teórico-práticas são alternadas semanalmente com as aulas práticas.

Avaliação

1. Realização de 8 trabalhos experimentais de laboratório em grupo sobre técnicas de produção e caracterização de filmes finos.

2. Realização de dois testes.

3. Realização de uma apresentação acerca de um tópico a definir.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching-learning process includes classroom and laboratorial classes moments as follows:

Lectures:

Two lectures of 1hours each, supported by presentations in video projector, simulations and demonstrations.

Laboratorial Classes:

One presential classes and in groups, lasting for two hours.

Theoretical-practical classes are alternated weekly with practical classes.

Assessment:

1. Completion of 8 experimental sections on production techniques and characterization of thin films. Preparation of a report and a presentation about the production of a particular thin film and characterization.

2. Completion of two tests.

3. Presentation on a topic to be determined.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

A metodologia de ensino é consistente com os objetivos da unidade curricular. Pretende-se que os alunos apliquem, contextualizem e ampliem os conhecimentos adquiridos nas unidades curriculares anteriores e levem o conhecimento adquirido para as próximas etapas de aprendizagem.

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

The teaching methodology is consistent with the objectives of the course. It is intended that the students apply, contextualize and amplify the knowledge acquired in the previous curricular units and bring the acquired knowledge to the next stages of apprenticeship.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- "Physical vapor deposition of thin films" – John E. Mahan

- "Introduction to plasma physics" – Gurnett and Bhattacharjee

- "Physics of thin films" – Maurice H. Francombe and John L. Vossen

- "Physical chemistry of surfaces" – Arthur W. Adamson, Alice P. Cast.

- "Physics at surfaces" – Andrew Zangwill.

- "An Introduction to ultrathin organic Films from Langmuir to Self-assembly" – Abraham Ulman.

- "Multilayer Thin Films- Sequential assembly of nanocomposite Materials" – Gero decher, Joseph B. Schlenoff, Jean-Marie Lehn.

Mapa IV - Radiação no Espaço e nos Planetas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Radiação no Espaço e nos Planetas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Space and Planets Radiation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração (anual, semestral ou trimestral):

Semestral / Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho (número total de horas de trabalho):

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP-56

4.4.1.6. Créditos 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 Duarte Neves Cruz - TP:56h

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

<sem resposta>

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

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

- Compreender os fenómenos que originam a radiação ionizante no espaço, a sua propagação e a sua interação com os seres vivos, com as atmosferas e superfícies planetárias e com os veículos espaciais.
- Ser capaz de fazer cálculos de campos radiativos, efeitos nos seres vivos, blindagem. Em parte, estes cálculos serão realizados com programas de Monte Carlo que simulam o transporte de radiação ionizante na matéria (exemplo: PENELOPE).
- Conhecer os riscos e perspetivar soluções que permitam a realização de viagens interplanetárias e colonização espacial em segurança.

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 skills that will allow him to:

- *Understand the phenomena that originate ionizing radiation in space, its propagation and its interaction with living beings, with atmospheres and planetary surfaces and with space vehicles.*
- *To be able to make radiative field calculations, effects on living beings, shielding. In part, these calculations will be performed with Monte Carlo programs that simulate the transport of ionizing radiation in matter (e.g., PENELOPE).*
- *Know the risks and envisage solutions that allow interplanetary travel and space colonization to be carried out safely.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Nascimento e evolução das estrelas. O Sol dinâmico. Supernovas. Vento solar, emissões solares e raios cósmicos galácticos. Caracterização e modelação dos ambientes de radiação em locais específicos do sistema solar (incluindo a interação da radiação na atmosfera terrestre e marciana).*
- *Desafios da exploração espacial: efeitos biológicos da radiação no Homem e nos materiais; Técnicas de otimização da radiorresistência;*
- *Oportunidades de investigação na área: programa ESA-CORA-IBER (European Space Agency - Continuously Open Research Announcement - Investigating the Biological Effects of Space Radiation).*

4.4.5. Syllabus:

- *Birth and evolution of stars. The dynamic sun. Supernovae. Solar wind, solar emissions and galactic cosmic rays. Characterization and modeling of radiation environments at specific locations in the solar system (including the interaction of radiation in the terrestrial and Martian atmosphere).*
- *Challenges of space exploration: biological effects of radiation on man and materials; Optimization techniques for radio-resistance;*
- *Research opportunities in the area: ESA-CORA-IBER program (European Space Agency - Continuously Open Research Announcement - Investigating the Biological Effects of Space Radiation).*

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

Nas aulas são apresentados, descritos e discutidos os conceitos, as leis e os fenómenos fundamentais no domínio da radiação ionizante em ambiente espacial e extraplanetário, e demonstrado o seu uso na resolução de situações concretas ligadas à atuação na área da Engenharia. Do ponto de vista prático a formação do estudante envolve trabalhos experimentais e simulações computacionais conducentes à medida de grandezas e demonstração de fenómenos no domínio da radiação ionizante. Este procedimento permitirá ao estudante planear e concretizar atividades experimentais com aplicações concretas, envolvendo o manuseamento de equipamentos e dispositivos, assegurando a sua correta utilização, tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista da segurança, bem como elaborar relatórios e textos descritivos com rigor, clareza e concisão, usando com eficiência esquemas gráficos, tabelas e estimativas de incertezas.

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

In classes, the concepts, laws and fundamental phenomena in the field of ionizing radiation in space and extraplanetary environments are presented, described and discussed, and their use demonstrated in the resolution of concrete situations linked to the performance in the field of Engineering. From a practical point of view, student training involves experimental work and computer simulations leading to the measurement of quantities and demonstration of phenomena in the field of ionizing radiation. This procedure will allow the student to plan and carry out experimental activities with concrete applications, involving the handling of equipment and devices, ensuring their correct use, both from the technical point of view and from the point of view of safety, as well as preparing reports and descriptive texts with rigor, clarity and conciseness, efficiently using graphical schemes, tables and estimates of uncertainties.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular será lecionada em aulas teórico-práticas. Nestas aulas serão ministradas em alternância sessões teóricas onde serão expostos os conceitos e modelos e sessões práticas. Nas sessões práticas, serão realizados trabalhos experimentais, simulações computacionais e serão igualmente discutidos problemas com o objetivo de consolidar a compreensão dos temas descritos nas sessões teóricas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit will be taught in theoretical-practical classes. In these classes, theoretical sessions will alternate with practical sessions. In the practical sessions, experimental work, computer simulations will be carried out and problems will also be discussed in order to consolidate the understanding of the themes described in the theoretical sessions.

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

Os conhecimentos teóricos necessários para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas sessões teórico-práticas (TP). A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas TP é verificado mediante o registo de presenças. As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas igualmente nas sessões TP. A avaliação destas competências é assegurada pela entrega de relatórios que permitirão avaliar o grau de familiaridade dos estudantes com as técnicas apresentadas bem como outras competências como o desenvolvimento do raciocínio científico, integração de conhecimento e aplicação prática de conceitos físicos de relevantes.

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

The theoretical knowledge necessary to achieve the learning objectives is given in the theoretical-practical sessions (TP). The acquisition of this knowledge is evaluated in the written tests (tests / exams). The monitoring of students in TP classes is verified through the attendance record. The practical components necessary to achieve the learning objectives are also developed in the TP sessions. The assessment of these competencies is ensured by the delivery of reports that will allow assessing the degree of familiarity of the students with the presented techniques as well as other competences such as the development of scientific reasoning, integration of knowledge and practical application of physical concepts of relevant.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Heliophysics: Space Storms and Radiation: Causes and Effects. EDITORS: Carolus J. Schrijver, Solar and Astrophysics Laboratory, Lockheed Martin George L. Siscoe, Boston University. Cambridge University Press. ISBN: 9780521760515*
- *Spacecraft-Environment Interactions- Hastings, Daniel, Garrett, Henry. Cambridge University Press. ISBN: 9780521607568*
- *Apontamentos das aulas (slides, sebenta) / Class notes (slides, book)*
- *Artigos científicos /Scientific papers*

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 pretendem levar os estudantes a dimensões de conhecimento mais avançadas e de âmbito experimental, que lhes permitem ganhar autoconfiança, competências técnicas e 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 lecture strand (theoretical or theoretical-practical classes) and another more practical strand. While the fundamental concepts are presented in the lectures, practical classes will bring students to higher dimensions of knowledge and experimental know-how, fostering more self-confidence, technical skills, and higher 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 créditos 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 credits:

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:

Os elementos de avaliação são definidos em cada UC, considerando os respetivos conhecimentos a adquirir e as aptidões e competências a desenvolver; a sua ponderação e a respetiva calendarização são definidas nas 1^{as} semanas do semestre, entre docentes da CC do CE e discentes, sendo publicados no CLIP. Refira-se o trabalho de coordenação e de acompanhamento pela CC do CE, no âmbito do NOVA SIMAQ, que implica que, no final de cada semestre letivo:

- docentes e discentes sejam inquiridos por questionários específicos e padronizados, sendo feita a ulterior análise dos resultados em ambiente CLIP, permitindo avaliar este indicador, que também vem depois refletido no RUC.*
- o balanço do funcionamento (RUC) deva analisar, igualmente, a necessidade de medidas que permitam ajustar as avaliações para o ano letivo seguinte.*

A UC Dissertação obedece a uma supervisão tutorial pelos orientadores, que devem emitir ainda um parecer vinculativo sobre a sua admissibilidade para discussão pública.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

Elements for evaluation are defined in each CU, considering the respective knowledge to be acquired and the skills and competences to be developed; its weighting and the respective schedule are defined in the first weeks of the semester, between professors of the CC of MEG and students, and are published in CLIP. Reference should be made to the work of supervision and monitoring CC of the SC, within the scope of NOVA SIMAQ, which implies that, at the end of each academic semester:

- professors and students are questioned through specific and standardized questionnaires, with further analysis of the results in a CLIP environment, allowing the evaluation of this indicator, which is also later reflected in the CUR.*
- the balance of functioning (CUR) should also analyze the need for measures to adjust assessments for the following academic year.*

The Dissertation CU is supervised and the supervisors must also issue a binding opinion on its admissibility for public discussion.

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 das 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 nos departamentos envolvidos, frequentemente proferidas por investigadores estrangeiros de visita à instituição. Finalmente, na elaboração das suas dissertações os melhores estudantes são integrados em projetos de investigação 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 the involved departments, often by foreign researchers visiting the institutions. Finally, in preparing their dissertations the best students are integrated into 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-74/2006, na redação dada pelo DL-65/2018:

De acordo com o Artigo 18º do Decreto-Lei no 74/2006, e tratando-se de um ciclo de estudos de 2º ciclo, com 2 anos (4 semestres), foi atribuído ao mesmo um total de 120 ECTS para a obtenção do grau de Mestre. Ao trabalho de dissertação de mestrado é atribuído um total de 30 ECTS.

Em virtude da riqueza das áreas científicas envolvidas neste ciclo de estudos, 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.

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:

According to Article nr. 18 of Decree Law nr. 74/2006, being the case of an 2nd cycle with 2 year full duration (4 terms), we assign it a total of 120 ECTS for obtaining the Master degree. To the master dissertation work is assigned a total of 30 ECTS.

Due to the diversity of the scientific subareas that this study cycle involves, 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.

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 CE foi elaborado de uma forma regular para possibilitar o encaixe de vários percursos alternativos. Uma decisão importante foi a determinação do número de UC obrigatórias e opcionais da própria área científica e da outra área, bem como a oferta de UC em áreas científicas complementares. Estas opções foram tomadas de forma a garantir uma formação em profundidade mas também abrangente. 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 nos departamentos envolvidos usam predominantemente 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 na referida metodologia.

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 SP was designed on a regular basis to enable the fitting of various alternative tracks. An important decision was to determine the number of mandatory and optional CUs in the main specialization area and in the other area, as well as the offer of CUs in complementary scientific areas. These options were taken in order to guarantee an in-depth but also comprehensive training. 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 courses usually use 6 ECTS units and it was decided to maintain this value. Thus, there was no explicit consultation with professors about the methodology of calculating the number of CUs ECTS because there were no changes in this methodology.

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.

João Francisco Alves Martins

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	Vínculo/ Link	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
Alexandra Maria Batista Ramos Tenera	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)		Engenharia Industrial	100	Ficha submetida
Alexandre José da Costa Velhinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)		Ciência dos Materiais – Especialidade de Materiais Compósitos	100	Ficha submetida
Ana Inês da Silva Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)		Engenharia Electrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida

Ana Paula Ferreira Barroso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia de Sistemas	100	Ficha submetida	
André Teixeira Bento Damas Mora	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida	
André Dionísio Bettencourt da Silva Parreira Rocha	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
Anikó Katalin Horvath da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica / Sistemas Digitais	100	Ficha submetida	
António Carlos Bárbara Grilo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Gestão Industrial - Comércio Electrónico	100	Ficha submetida	
António José Freire Mourão	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida	
Bruno João Nogueira Guerreiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
Carlos Augusto Isaac Piló Viegas Damásio	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Informática	100	Ficha submetida	
Catarina Isabel Silva Vidal	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida	
Daniel Matos Silvestre	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Não	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Filipa Alexandra Moreira Ferrada	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
Filipe de Carvalho Moutinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia do Ambiente	100	Ficha submetida	
Hugo Filipe Silveira Gamboa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
João Carlos da Palma Goes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida	
João Duarte Neves Cruz	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Não	Física Nuclear	100	Ficha submetida
João Francisco Alves Martins	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida	
João Manuel dos Santos Lourenço	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Informática	100	Ficha submetida	
João Mário Burguete Botelho Cardoso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida	
João Miguel Dias Joanaz de Melo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia do Ambiente	100	Ficha submetida	

João Miguel Murta Pina	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Pedro Abreu de Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Microeletrónica / Eng. Electrotécnica e Comp.	100	Ficha submetida
João Almeida das Rosas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e Computadores	100	Ficha submetida
José António Barata de Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
José Fernando de Almeida Dias	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Aerodinâmica / Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
José Manuel Matos Ribeiro da Fonseca	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
José Manuel Paixão Conde	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
José Paulo Moreira dos Santos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Física	100	Ficha submetida
Luís Filipe Lourenço Bernardo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Augusto Bica Gomes de Oliveira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Luís Manuel Camarinha de Matos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Informática	100	Ficha submetida
Luís Filipe dos Santos Gomes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Maria do Rosário de Meireles Ferreira Cabrita	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Gestão	100	Ficha submetida
Marta Isabel Pimenta Verdete da Silva Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Miguel Araújo Machado	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Outro	Engenharia mecânica	100	Ficha submetida
Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Outro	Engenharia Industrial	50	Ficha submetida
Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Paulo José Carrilho de Sousa Gil	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Paulo Miguel de Araújo Borges Montezuma de Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Electrotécnica e computadores	100	Ficha submetida
Paulo da Costa Luís da Fonseca Pinto	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Computer Science	100	Ficha submetida
Pedro Miguel	Professor	Doutor	Docente de Carreira (Art.	Engenharia Electrotécnica e	100	Ficha

Figueiredo Amaral	Auxiliar ou equivalente		3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	de Computadores		submetida
Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Outro	Engenharia Industrial	100	Ficha submetida
Pedro Samuel Gonçalves Coelho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Raul Eduardo Capela Tello Rato	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Outro	Engenharia electrotécnica	100	Ficha submetida
Ricardo Alexandre Fernandes da Silva Peres	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Outro	Alterações Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável	75	Ficha submetida
Ricardo Nuno Pereira Verga e Afonso Vigário	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Major in Computer Science and Minor in Biophysics	100	Ficha submetida
Rodolfo Alexandre Duarte Oliveira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Telecomunicações/Engenharia Electrotécnica	100	Ficha submetida
Rui Miguel Henriques Dias Morgado Dinis	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Eletrotécnica	100	Ficha submetida
Rui Fernando dos Santos Pereira Martins	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Ruy Araújo da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia de Sistemas	100	Ficha submetida
Telmo Jorge Gomes dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Tiago Alexandre Narciso da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Valentina Borissova Vassilenko	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
					5525	

<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.

56

5.4.1.2. Número total de ETI.

55.25

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos integrados na carreira docente ou de investigação (art.º 3 DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018).

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos integrados na carreira docente ou de investigação (art.º 3 DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018).* / "Career teaching staff" – teachers of the study programme integrated in the teaching or research career.*

Vínculo com a IES / Link with HEI	% em relação ao total de ETI / % of the total of FTE	
Docente de Carreira (Art. 3º, alínea k) do DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)	92.307692307692	100
Outro	7.6923076923077	100

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	55.25	100

5.4.4. Corpo docente especializado

5.4.4. Corpo docente especializado / Specialised teaching staff.

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Doutorados especializados na(s) área(s) fundamental(is) do CE (% total ETI) / PhDs specialised in the fundamental area(s) of the study programme (% total FTE)	53.25	96.380090497738
Não doutorados, especializados nas áreas fundamentais do CE (% total ETI) / Staff specialised in the fundamental areas of the study programme not holding PhDs in these areas (% total FTE)	0	0
Não doutorados na(s) área(s) fundamental(is) do CE, com Título de Especialista (DL 206/2009) nesta(s) área(s) (% total ETI) / Specialists not holding a PhD, but with a Specialist Title (DL 206/2009) in the fundamental area(s) of the study programme (% total FTE)	0	0
% do corpo docente especializado na(s) área(s) fundamental(is) (% total ETI)		96.380090497738
% do corpo docente doutorado especializado na(s) área(s) fundamental(is) (% docentes especializados)		100

5.4.5. Corpo Docente integrado em Unidades de Investigação da Instituição, suas subsidiárias ou polos nela integrados (art.º 29.º DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018)

5.4.5. Corpo Docente integrado em Unidades de Investigação da Instituição, suas subsidiárias ou polos nela integrados (art.º 29.º DL-74/2006, na redação fixada pelo DL-65/2018) / Teaching Staff integrated in Research Units of the Institution, its subsidiaries or integrated centers (article 29, DL no. 74/2006, as written in the DL no. 65/2018)

Descrição	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Corpo Docente integrado em Unidades de Investigação da Instituição, suas subsidiárias ou polos nela integrados / Teaching Staff integrated in Research Units of the Institution, its subsidiaries or integrated centers	46.25	83.710407239819

5.4.6. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

5.4.6. 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 de carreira com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Career teaching staff of the study programme with a link to the institution for over 3 years	49	88.68778280543
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0
		55.25

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.

Universidade NOVA de Lisboa:

A avaliação de desempenho dos docentes é realizada a partir de um sistema de avaliação que tem como finalidade a

avaliação daqueles em função do mérito e a melhoria da Qualidade da atividade prestada, em conformidade com os Estatutos da NOVA. Este sistema encontra-se regulamentado pelo Regulamento de Avaliação do Desempenho dos Docentes e Alteração do Posicionamento Remuneratório da NOVA e por regulamentação própria da UO. Com base nos resultados dos processos de avaliação, é elaborado um diagnóstico de necessidades de formação, contribuindo para o desenvolvimento profissional dos docentes.

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

Universidade NOVA de Lisboa:

The assessment of the teaching staff performance is carried out through an evaluation system whose purpose is to evaluate them according to their merit and improve the Quality of the activity provided, according to the Statutes of NOVA. The Regulation regulates this system for Teachers' Performance Evaluation and Change of Remuneratory Positioning of NOVA and specific regulations of the OU. Based on the results of the evaluation processes, a diagnosis of training needs is prepared, contributing to the teachers' professional development.

5.6. Observações:

De referir que o corpo docente é integralmente formado por doutores, de diferentes proveniências de formação, de universidades nacionais e estrangeiras.

5.6. Observations:

It should be noted that the school is entirely formed by PhDs, from different backgrounds, from national and foreign universities.

6. Pessoal Não Docente

6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

Atendendo à especialização e profissionalização do pessoal não docente (PND), estes recursos encontram-se enquadrado em Divisões/Serviços, dos quais se destacam: as Divisões Académica, de Apoio à Formação Avançada e de Planeamento e Gestão da Qualidade, responsáveis pelo percurso académico dos estudantes e pelo apoio à criação, alteração e extinção de ciclos de estudos (CE); secretariados dos Departamentos, que asseguram o secretariado, o apoio aos discentes/docentes, às instalações e laboratórios; A Divisão de Comunicação e Relações Exteriores e as recém criadas Divisões de Relações Internacionais e de Eventos e Apoio ao Estudante e ao Diplomado, que promovem a mobilidade dos discentes e docentes, a comunicação da escola e dos seus CE e a promoção internacional. Incluem-se ainda outros serviços, como informática e Biblioteca.

DEEC: 3 administrativos (C. Silva, P Simão, H. Oliveira).

DEMI: 4 administrativos (F. Pacheco, S. Spinola, A. Campos, J. Elias) e 1 técnico de laboratório.

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

The non-teaching staff (PND) is highly specialised and, therefore, these human resources are grouped into Divisions or services, namely: the Academic, Advanced Training and Planning and Quality Management Divisions, responsible for the students' academic pathway and for supporting the creation, alteration and extinction of courses (SC); the Departmental Secretariats, which provide secretarial services, support to teaching staff, facilities and laboratories; The Communication and External Relations Division and the recently created Divisions of International Relations and Events and Support to Students and Graduates, promote the mobility of students and teaching staff, the communication of the school and its SC, and international promotion. There also other services, namely Informatics and the Library.

DEEC: 3 administrative staff (C. Silva, P Simão, H. Oliveira).

DEMI: 4 administrative staff (F. Pacheco, S. Spinola, A. Campos, J. Elias) and 1 laboratory technician.

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Através do sistema de avaliação do desempenho e da supervisão das chefias, a FCT NOVA tem criado condições para melhorar a capacidade de utilização de ferramentas tecnológicas que facilitem o desempenho das suas funções, o que tem permitido melhorar as suas competências e a sua qualificação. A FCT NOVA integra nas suas estruturas 186 profissionais não docentes, distribuídos pelas diferentes categorias profissionais, em que, cerca de 72% têm habilitação igual ou superior ao ensino secundário completo, e 40% têm grau superior. São criadas condições para a progressão na carreira a todo o pessoal técnico e administrativo que atualize as suas qualificações, através da criação de oportunidades de concurso.

Mestrado: João Elias

12º Ano: Fernanda Pacheco, Sandra Spínola e António Campos, Ana Cristina Silva, Hugo Oliveira

9º Ano: Paulo Magalhães, Maria Paula Simão.

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

Through the performance evaluation system and the supervision of managers, FCT NOVA has created conditions to improve the PNDs' competences to use technological tools which help them to accomplish their duties. This has enabled them to improve their skills and qualifications. FCT NOVA has 186 non-teaching professionals in its structures, distributed among the different professional categories, where about 72% have a qualification equal to or

higher than complete secondary education, and 40% have a university degree. Conditions are created for career progression for all technical and administrative staff who update their qualifications, namely through the creation of competition opportunities.

Master: João Elias

12th year (High School): Fernanda Pacheco, Sandra Spínola e António Campos, Ana Cristina Silva, Hugo Oliveira,

9th year:: Paulo Magalhães, Maria Paula Simão

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 ano e estão alinhados com os objetivos estratégicos da instituição. A progressão do funcionário, a existir, dependerá da avaliação anual 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 year. The career progression of staff depends on their yearly 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.):

A FCT NOVA possui um amplo Campus coberto por rede wireless, uma Biblioteca de 6500 m², espaços de trabalho, cantinas, espaços verdes e residência universitária para estudantes, professores e investigadores. Inclui diversas tipologias de salas de aula, em regra com sistemas multimédia, nomeadamente anfiteatros, laboratórios com recursos informáticos, e salas de reunião e serviços. Neste local estão a maioria das suas unidades de R&D. Estas estruturas proporcionam as instalações adequadas às exigências de qualidade de um ensino e investigação no contexto deste CE.

Em particular, estão disponíveis cerca de 70 laboratórios no DEEC, DEMI e restantes departamentos envolvidos neste CE, entre os quais:

- Arena de voo de UAVs
- Automação
- Robótica
- Microprocessadores
- Eletrónica
- Redes e Propagação
- Mecânica dos Fluidos e Termodinâmica
- Mecânica Estrutural
- Produção Integrada por Computador
- Impressão 3D e Engenharia Reversa
- Planeamento Ambiental
- Optoelectrónica, Lasers e Solar
- Superfícies

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

FCT NOVA has a large Campus covered by wireless network, a Library with 6500 m², work spaces, canteens, green spaces and a residence with capacity to receive students, professors and invited researchers. It includes different types of classrooms, usually with multimedia systems, namely amphitheatres, laboratories with computational resources, meeting and service rooms. Most of its R&D units are also located here. These structures provide adequate facilities for the quality requirements of teaching and research in the context of this EC.

In particular, there are around 70 laboratories available at DEEC, DEMI, and other involved departments, including:

- UAV flight arena
- Automation
- Robotics
- Microprocessors
- Electronics
- Networks and Propagation
- Fluid Mechanics and Thermodynamics
- Structural Mechanics
- Computer Integrated Production
- 3D Printing and Reverse Engineering
- Environmental Planning

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Tendo em conta os laboratórios existentes, destacam-se:

- 4 UAVs de asa rotativa, 2 UAVs de asa fixa, 1 UAV híbrido, 1 sistema de localização de movimento.
- 5 robôs de 5 eixos, 8 robôs móveis, 1 feeder, 2 robôs, 2 sist.garras, 1 armazém automático, 2 process cell kits, 3 PLCs.
- Sistemas de desenvolvimento 8031, Switch 3COM.
- kits exp. em microondas, antenas e fibra ótica, módulos SDR USRP B100, Routers, Switches OpenFlow, Controladores SDN.
- túnel aerodinâmico de 9 m
- Máq. ensaios mec., Anal. espectrais, Vibrómetros, Pontes extensométricas
- Projector óptico de perfis, Centro Maquinação CNC
- Impr. 3D, Máq. de medir tridimensional
- Differential scanning calorimeter Netzsch 204 – F1, 2 Rotational rheometers, 4 universal testing machines
- amostradores e analisadores de diferentes poluentes, cromatógrafos
- Lasers solares de alta eficiência; Câmara de vácuo criogénica (77 K-300 K) de 159 litros
- Sistema de Multitécnica de Análise de Superfícies
- Cluster de computadores agregados

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

Considering the existing laboratories, the following equipment can be highlighted:

- 4 rotary-wing UAVs, 2 fixed-wing UAVs, 1 hybrid UAV, 1 motion tracking system.
- laboratory processes, 5 5-axis robots, 8 mobile robots, 1 feeder, 2 robots, 2 grapple systems, 1 Automated warehouse, 2 process cell kits, 3 PLCs.
- 8031 Development Systems, Switch 3COM.
- Experiment Kits on Microwave, Antennas and Fiber Optics, USRP B100 SDR modules, Routers, OpenFlow Switches, SDN controllers.
- Aerodynamic Tunnel (9 m)
- Mach. mechanical tests, Anal. spectral, Vibrometers, Extensometric Bridges
- Optical Profile Projector, CNC Machining Center
- 3-D printer, 3-D digitizer
- Differential scanning calorimeter Netzsch 204 – F1, 2 Rotational rheometers, 4 universal testing machines
- Samplers and analysers for various pollutants; chromatographers
- High efficiency solar lasers; cryogenic vacuum chamber (77 K-300 K) with 159 liters
- Multitechnique Surface Analysis
- Computer Cluster

8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.

Pergunta 8.1. a 8.4.

8.1. Unidade(s) de investigação, no ramo de conhecimento ou especialidade do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica.

<https://a3es.pt/si/iportal.php/cv/research-centers/formId/46d112ff-7d28-a4ba-0e47-620babc6d750>

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/46d112ff-7d28-a4ba-0e47-620babc6d750>

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/46d112ff-7d28-a4ba-0e47-620babc6d750>

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.

O FCT NOVA e os departamentos e instituições de investigação envolvidos neste CE têm estado sempre envolvidos em redes e projetos, como participantes ou responsáveis, nacionais (FCT/MCTES, QREN, ADI, CoLABs) e da UE (ERC, H2020, Strep, IP, NoE, COST, ERASMUS), e outros como os programas Carnegie-Mellon, UT Austin Portugal, vários programas EIT, ou o Mestrado Europeu em Lógica Computacional.

As instituições de investigação associadas a este CE estão ou estiveram envolvidas em mais de 180 projetos financiados, muitos deles em áreas relacionadas com a engenharia aeroespacial, e participam em vários CoLABs. Colaboram regularmente com escolas nacionais (U. Lisboa, U. Beira Interior, U. Minho, U. Porto, U. Aveiro, U. Coimbra, U. Évora, entre outras), e também com escolas internacionais (TU Delft, U. Cologne, U. Mons, U. Tampere, U. Sorbonne, entre outras). Alunos de doutoramento têm sido co-orientados com Carnegie-Mellon, UT Austin, IMT Lucca, TU Kaiserslautern, Wright U., Columbia U., UFRGS.

Decorrem colaborações, em forma de projetos ou co-orientações de alunos, com muitas universidades, instituições e empresas internacionais e nacionais (ESA, INRIA, Imperial College, Altran, GMV, Deimos/Elecnor, Spin.Works, Active Space Technologies, NIST, SPARC, CREMA, Google, Dresden U, TU Kaiserslautern, OutSystems, NOS, Edisofit, Farfetch, José de Mello Saúde, Vodafone Portugal, Fraunhofer Portugal, entre outras). As listas completas de projetos e parcerias podem ser consultadas nos sites web dos centros de investigação e departamentos associados a este CE.

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.

FCT NOVA and the research departments and institutions involved in this SP have been involved in national (FCT/MCTES, QREN, ADI, CoLABs) and EU (ERC, H2020, Strep, IP, NoE, COST, ERASMUS) networks and projects, and others such as the Carnegie-Mellon programs, UT Austin Portugal, several EIT programs, or the European Master in Computational Logic.

Research institutions are or have been involved in more than 180 funded projects, many of them in areas related to aerospace engineering, and participate in several CoLABs. We collaborate regularly with national schools (U. Lisboa, U. Beira Interior, U. Minho, U. Porto, U. Aveiro, U. Coimbra, U. Évora, among others), and also with international schools (TU Delft, U. Cologne, U. Mons, U. Tampere, U. Sorbonne, among others). PhD students have been co-supervised with Carnegie-Mellon, UT Austin, IMT Lucca, TU Kaiserslautern, Wright U., Columbia U., UFRGS.

Collaborations take place, in the form of projects or co-supervision of students, with many universities, institutions and international and national companies (ESA, INRIA, Imperial College, Altran, GMV, Deimos/Elecnor, Spin.Works, Active Space Technologies, NIST, SPARC, CREMA, Google, Dresden U, TU Kaiserslautern, OutSystems, NOS, Edisofit, Farfetch, José de Mello Saúde, Vodafone Portugal, Fraunhofer Portugal, among others). The complete lists of projects and partnerships can be consulted on the websites of the research centers and departments associated with this EC.

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 mestrados de Engenharia Aeroespacial ou Aeronáutica (IST e UBI) aproxima-se dos 100%. De acordo com a informação de 2021 (<https://www.dgeec.mec.pt/np4/92/>), no período entre 2016 e 2020 existiam 603 diplomados em ambos os cursos, dos quais 9 se encontravam registados no IEFP como desempregados durante os primeiros 12 meses seguintes a completarem o seu grau (1.5% de desemprego). Por outro lado, nenhum diplomado se encontrava registado como desempregado no IEFP para além dos 12 meses após o grau (0% de desemprego). 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.

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

Traditionally, employability in Aerospace or Aeronautical Engineering master degrees (IST and UBI) is close to 100%. According to information from 2021 (<https://www.dgeec.mec.pt/np4/92/>), in the period between 2016 and 2020 there were 603 graduates in both programs, of which 9 were registered in IEFP as unemployed during the first 12 months after completing their degree (1.5% unemployment). On the other hand, no graduate was registered as unemployed in IEFP beyond 12 months after graduation (0% unemployment). 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.

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

A atratividade do CE proposto pode ser inferida tendo em conta os dados oficiais disponíveis sobre a colocação em mestrados integrados em Eng. Aeroespacial ou Aeronáutica, referentes aos períodos entre 2018 e 2020 (<https://www.dges.gov.pt/guias>), onde as vagas são preenchidas na totalidade nas 1ª e 2ª fases, havendo uma procura de ~630% e ~470% de candidatos face às vagas, e os candidatos colocados em primeira opção foram 100% e 74%, respetivamente. Por outro lado, as médias do último colocado estiveram acima dos 18,8 e 15,7 valores, respetivamente.

Há também uma grande atratividade das licenciaturas da FCT NOVA cujos alunos poderão ingressar no CE proposto, como LEEC ou LEMc, onde as vagas são preenchidas na totalidade nas 1ª e 2ª fases, havendo uma procura de ~429% e ~844% de candidatos, e os candidatos colocados em primeira opção de 37% e 38%, respetivamente. Por outro lado, as médias do último colocado estiveram acima dos 13,9 e 15,5 valores, respetivamente.

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

The attractiveness of the proposed SP can be inferred taking into account the official data available on placement in integrated master's degrees in Aerospace or Aeronautics Engineering, referring to the period between 2018 and 2020 (<https://www.dges.gov.pt/guias>), where vacancies are fully filled in the 1st and 2nd phases, with a demand of ~630% and ~470% of candidates relative to the vacancies, while the candidates placed in their first option are 100% and 74%, respectively. On the other hand, the application grades of the last placed candidate were above 18.8 and 15.7, respectively.

There is a great attractiveness of the degrees at FCT NOVA whose students can enter the proposed EC, such as LEEC or LEMc, where vacancies are fully filled in the 1st and 2nd phases, with a demand of ~429% and ~844% of candidates, while candidates placed in their 1st option are 37% and 38%, respectively. On the other hand, the application grades of the last place were above 13.9 and 15.5, respectively.

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, co-orientação 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 centros 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:

Para além da oferta internacional nesta área, como MIT, Stanford ou CalTech, no espaço Europeu existe também uma ampla oferta. A maioria da oferta de mestrados figura como Eng. Aeroespacial, incluindo as áreas da aeronáutica e astronáutica num só programa, como sejam: Univ. Cranfield, TU Delft, ou TU Munich.

A estrutura destes cursos é variável, por vezes incluindo 6 ou mais áreas de especialização. Habitualmente surgem as áreas de aviónica, aeronaves e espaço, mas também outras como estruturas e materiais, propulsão, processamento de dados, entre outras. O CE aqui proposto pretende focar a formação em duas áreas de especialização, conseguindo uma adaptação à formação prévia dos alunos, mas também equilibrada com outras áreas científicas. Por outro lado, a formação proposta pretende ser competitiva a nível internacional, mas tem em conta que o tecido empresarial e industrial Português é tipicamente composto por empresas que se focam tanto na área da aeronáutica como do espaço.

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

The international offer in this area, such as MIT, Stanford or CalTech, in Europe there is also a diverse offer. The majority of the master's degree programs are in Aerospace Engineering, including the areas of aeronautics and astronautics in a single program, such as: Univ. Cranfield, TU Delft, or TU Munich.

The structure of these courses is variable, sometimes including 6 or more areas of specialization. Usually, they comprise the areas of avionics, aircraft, and space, but also others such as structures and materials, propulsion, data processing, among others. The SP proposed here intends to focus training in two areas of specialization, achieving an adaptation to the students' previous training, but also balanced with other scientific areas. On the other hand, the proposed training aims to be internationally competitive, but takes into account that the Portuguese business and industrial fabric is typically composed of companies that focus on both the aeronautics and space areas.

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 do CE proposto 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, bem como da adesão de muitas instituições aos objetivos de aprendizagem decorrente da rede PEGASUS (<https://www.pegasus-europe.org/>) e das recomendações do projeto PERSEUS (<https://cordis.europa.eu/project/id/640211/results>). 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:

The learning outcomes of the proposed SP are completely 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, together with the adherence of many institutions to the learning outcomes resulting from the PEGASUS

network (<https://www.pegasus-europe.org/>) and recommendations of PERSEUS project (<https://cordis.europa.eu/project/id/640211/results>). The 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 - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution Name	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:

- *O curso beneficia da experiência dos últimos 35 anos na oferta de programas de 5 anos em engenharia eletrotécnica e computadores, engenharia mecânica, e engenharia e gestão industrial;*
- *Existência de muito bons laboratórios e recursos computacionais de suporte a outros mestrados em áreas adjacentes;*
- *Os principais centros de investigação de suporte têm classificações de "Excelente";*
- *O currículo do programa integra facilmente estudantes licenciados em áreas relacionadas de outras escolas de engenharia;*
- *O currículo do programa está alinhado com as necessidades das empresas nacionais e internacionais que trabalham na área aeroespacial;*
- *Áreas de especialização alinhadas com fortes conhecimentos nas respetivas áreas.*

12.1. Strengths:

- *The course benefits from the experience of the last 35 years in offering 5-year programs in electrical and computer engineering, mechanical engineering, and industrial engineering and management;*
- *Existence of very good laboratories and computational resources to support other master's degrees in adjacent areas;*
- *The main supporting research centers have "Excellent" ratings;*
- *The SP's curriculum easily integrates graduate students in related fields from other engineering schools;*
- *The SP's curriculum is aligned with the needs of national and international companies working in the aerospace field;*
- *Areas of specialization aligned with strong knowledge in the respective areas.*

12.2. Pontos fracos:

- *Ciclo de estudos novo e desconhecido para estudantes, pais e empresas;*
- *Visibilidade limitada do ciclo de estudos fora dos estudantes da FCT NOVA;*
- *Marca FCT NOVA muito limitada na área aeroespacial;*
- *Localização geográfica do campus na Margem Sul;*
- *Ausência de acordos de Duplo grau com universidades internacionais;*
- *Propinas altas comparando com oferta similar na Área Metropolitana de Lisboa.*

12.2. Weaknesses:

- *New and unknown study program for students, parents, and companies;*
- *Limited visibility of the study cycle outside FCT NOVA students;*
- *FCT NOVA brand very limited in the aerospace area;*
- *Geographic location of the campus on the South Bank;*
- *Absence of dual degree agreements with international universities;*
- *High tuition fees compared to a similar offer in the Lisbon Metropolitan Area.*

12.3. Oportunidades:

- *Interesse económico e da sociedade crescente para engenheiros capacitados para o domínio aeroespacial;*
- *O sector aeroespacial é um sector económico com um crescimento exponencial nos próximos anos;*
- *Espera-se um aumento significativo da procura por parte de estudantes internacionais, principalmente oriundos do Brasil;*
- *Proximidade geográfica e relação estreita com empresas industriais na região de Setúbal e Lisboa;*
- *O fim dos Mestrados Integrados em Engenharia pode fomentar o interesse na mobilidade de outras universidades.*

12.3. Opportunities:

- *Growing economic and societal interest for engineers trained in the aerospace domain;*
- *The aerospace sector is an economic sector with exponential growth in the coming years;*
- *A significant increase in demand is expected from international students, mainly from Brazil;*
- *Geographic proximity and close relationship with industrial companies in the region of Setúbal and Lisbon;*
- *The end of Integrated Masters in Engineering may encourage interest in mobility from other universities.*

12.4. Constrangimentos:

- *Capacidade limitada de atrair estudantes para além dos distritos de Lisboa e Setúbal;*
- *A diminuição da demografia pode levar a uma menor procura pelo ensino superior;*
- *Competição de cursos de universidades internacionais de referência com oferta on-line;*
- *Degradação das condições dos edifícios e laboratórios na FCT NOVA;*
- *Surgimento e reforço de ofertas educativas na área aeroespacial em universidades concorrentes relevantes.*

12.4. Threats:

- *Limited ability to attract students beyond Lisbon and Setúbal districts;*
- *Decreasing demographics can lead to lower demand for higher education;*
- *Competition of courses from leading international universities with online offer;*

- *Degradation of the conditions of buildings and laboratories at FCT NOVA;*
- *Emergence and reinforcement of educational offers in the aerospace area at relevant competing universities.*

12.5. Conclusões:

Ao longo de quase três décadas, o Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC), o Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial (DEMI), e os restantes departamentos da FCT NOVA envolvidos nesta proposta, são responsáveis por cursos de grande sucesso nas respetivas áreas, inicialmente com a Licenciaturas e Mestrados pré-Bolonha e, posteriormente, com os Mestrados Integrados. 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. Considerando a experiência adquirida e o sucesso dos cursos de base, a natureza interdisciplinar da área aeroespacial, e ainda o compromisso de cooperação interdisciplinar patente no ciclo de estudos aqui proposto, considera-se 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.

As várias dificuldades encontradas ao longo destes anos nos cursos de base que dão origem a esta proposta, como o envelhecimento do corpo docente ou a dificuldade de investimento em meios pedagógicos, têm sido minimizadas pelo esforço e dedicação do corpo docente e pelo empenho dos estudantes. Sempre que se tentou elevar o nível de rigor, os estudantes reagiram muito bem e perceberam que são os principais beneficiários.

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 os departamentos envolvidos nesta proposta pretendem para tal contribuir mantendo ou mesmo aumentado os seus índices de produção científica, quer em quantidade quer em qualidade, sem nunca descuidar 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 em duas áreas de especialização, com ligações entre estas e com áreas científicas complementares, irá permitir dinamismo, versatilidade e profundidade aos percursos académicos dos estudantes, com a inclusão de temas que se vão tornando importantes para a indústria e serviços.

12.5. Conclusions:

Over the course of more than twenty-five years, the Department of Electrical and Computer Engineering (DEEC), the Department of Mechanical and Industrial Engineering (DEMI), and the other departments of FCT NOVA involved in this proposal, are responsible for courses of great success in the respective areas, initially with the pre-Bologna and Master degrees and, later, with the Integrated Masters. Throughout this process, these courses created their own space in Portuguese society, always with greater credibility demonstrated by the increasing acceptance by the job market. It is already common to hear the name of FCT NOVA in the short list of universities they trust to admit recent graduates. Considering the acquired experience and the success of the base courses, the interdisciplinary nature of the aerospace area, and also the commitment towards interdisciplinary cooperation made evident in the cycle of studies proposed here, we consider that all the conditions are met for the success of the Master's course proposed here, contributing to the training of excellent professionals in this area.

The various difficulties encountered over the years in the base courses that support this proposal, such as the aging of the teaching staff or the investment difficulty in pedagogical means, have been minimized by the effort and dedication of the teaching staff and by the students' commitment. Whenever an attempt was made to raise the level of rigor, the students reacted very well and realized that they are the main beneficiaries.

In a period in which new challenges are in sight, the motivation of all stakeholders, the dynamics of research and development projects, the way in which professors relate to students and staff and the esprit de corps present in this institution are the guarantee of a successful future.

FCT NOVA aims to assert itself as a "research university" and the departments involved in this proposal intend to contribute to this by maintaining or even increasing their scientific production rates, both in quantity and in quality, without ever neglecting teaching, not only through the adoption of the best pedagogical practices, as well as through the constant integration in the teaching of the lessons acquired in the research activity of its professors. These indexes are reflected, with great impact, directly in practically all the CUs of this 2nd cycle of studies. Additionally, the organization of the study program in two areas of specialization, with links between them and with complementary scientific areas, will allow dynamism, versatility, and depth to the academic paths of students, with the inclusion of topics that are becoming important for the industry and services.