

NCE/19/1900009 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade De Lisboa

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

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

Faculdade De Ciências (UL)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Engenharia Física

1.3. Study programme:

Engineering Physics

1.4. Grau:

Mestre

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Engenharias e Tecnologias Físicas

1.5. Main scientific area of the study programme:

Physical Engineering and Technologies

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

441

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:

529

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:

NA

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

120

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

Dois anos/Quatro semestres

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

Two years/Four semesters

1.9. Número máximo de admissões:

60

1.10. Condições específicas de ingresso.

São admitidos como candidatos à inscrição no ciclo de estudos conducente ao grau de mestre em Engenharia Física:
 - Os titulares do grau de licenciado ou equivalente legal nas áreas de Engenharia Física ou outras que a comissão científica deste ciclo de estudos considere adequadas para a frequência do mestrado em Engenharia Física, bem como todos os que são abrangidos pelas disposições das alíneas b), c) e d) do Artigo 15º do Regulamento de Estudos de Pós-Graduação da Universidade de Lisboa (Despacho n.º 7024/2017).

A admissão e seriação será efetuada de acordo com as normas definidas no Regulamento do ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre da FCUL (Despacho n.º 10781/2016, de 31 de agosto, alterado pelo Despacho n.º 7742/2017, de 1 de setembro).

1.10. Specific entry requirements.

The following are admitted as candidates for enrollment in the cycle of study leading to the Master of Engineering Physics degree:

- Holders of a degree or legal equivalent in the fields of Engineering Physics or others that the scientific committee of this cycle of study considers appropriate for the frequency of the Master of Engineering Physics, as well as all those covered by the provisions of subparagraphs b), c) and d) of Article 15 of the Regulation of Graduate Studies of the University of Lisbon (Order No. 7024/2017).

Admission and seriation will be carried out, in general, according to the rules defined in the 2nd cycle admission regulation of FCUL (Despacho n.º 10781/2016, de 31 de agosto, alterado pelo Despacho n.º 7742/2017, de 1 de setembro).

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:

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL or Ciências)

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Faculty of Sciences of the University of Lisbon (FCUL)

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

[1.13._Despacho_6604_2018-RegCreditação-UL.pdf](#)

1.14. Observações:

O ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre em Engenharia Física (MEF) está organizado em quatro semestres letivos correspondentes, cada um, a 30 ECTS.

O MEF está essencialmente estruturado em duas etapas: a primeira, de formação avançada em Física Aplicada e Engenharia, tanto a nível da análise como da concepção, engloba o 1º e parte do 2º anos; uma segunda etapa, no 2º ano do curso, dedicada à realização de uma Dissertação/Estágio que perfaz 48 ECTS de trabalho autónomo supervisionado.

Nestes dois anos são disponibilizadas seis opções (36 ECTS) que, juntamente com a Dissertação/Estágio, permitem aos alunos direcionar as suas escolhas de acordo com os seus interesses profissionais e/ou científicos, adquirindo competências acrescidas e aprofundando certas vertentes de especialização (por ex. sistemas espaciais, ótica e fotónica, materiais, técnicas nucleares e radiações, instrumentação e sistemas de dados), embora não oficializadas no plano curricular disponível. O grupo opcional inclui um leque variado de unidades curriculares de várias áreas científicas, algumas das quais já especificadas no Mapa III – Grupo opcional 1º ano; poderá ainda incluir outras UC's, a fixar anualmente pela FCUL, sob proposta do Departamento responsável.

Este curso beneficia diretamente da intervenção de várias unidades de I&D nas organizações internacionais mais diretamente relacionadas com a Física (CERN, ESA e ESO) geradores de inúmeros problemas de engenharia física que têm envolvido e continuarão a envolver inúmeros estudantes de engenharia física, em contextos diretos de engenharia e de I&D.

1.14. Observations:

The study cycle leading to the degree of Master in Engineering Physics (MEF) is organized into four semesters

corresponding to 30 ECTS each.

The MEF is essentially structured in two stages: the first, related to advanced training in Applied Physics and Engineering, both in analysis and conception, encompasses the 1st and part of the 2nd year; a second stage, in the 2nd year of the course, dedicated to the accomplishment of a Dissertation / Internship that totals 48 ECTS of autonomous although supervised work.

In these two years, six optional course units are available (36 ECTS) that, together with the Dissertation / Internship, allow students to direct their choices according to their professional and / or scientific interests, acquiring increased skills and deepening certain aspects of specialization (e.g. space systems, optics and photonics, materials, nuclear techniques and radiation, instrumentation and data systems), although not officialized in the available curriculum. The optional group includes a wide range of course units from various scientific areas, some of which are already specified in Map III - Optional Group 1st year; It may also include other UC's, to be announced annually by FCUL, based on a proposal from the responsible Department.

This course directly benefits from the intervention of various R&D units in international organizations most directly related to Physics (CERN, ESA and ESO) that generate numerous problems typical of engineering physics that have involved and will continue to engage numerous engineering physics' students, in direct contexts of engineering and R&D.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Reitor da Universidade de Lisboa

2.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade de Lisboa

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

[2.1.2._DespReit n.º 186-2019_Cr_Mest_Eng.ª Física.pdf](#)

Mapa I - Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

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

[2.1.2._ExtratoAta_CC_7_2019_NovosCiclosEstudos_FCUL.pdf](#)

Mapa I - Conselho de Presidentes de Departamento da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho de Presidentes de Departamento da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

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

[2.1.2._ExtratoAta_CPD_2_2019_NovosCiclosEstudos_FCUL.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

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

[2.1.2._Deliberacao-CPed_Mestrado_Eng_Fisica-FCUL.pdf](#)

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

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

O Mestrado em Engenharia Física (MEF) tem como principal objetivo preparar profissionais com sólida formação avançada, científica e técnica, em diferentes domínios da área da eng^a e tecnologias físicas. A perspetiva de formação é a de abertura ao exterior e ligação ao mercado de emprego, colocando o estudante, e futuro profissional, em contacto com problemas associados a fenómenos físicos que estão na base da inovação tecnológica, dotando-os para isso de conhecimentos sólidos em física e de uma compreensão das abordagens de engenharia.

Este curso é concebido para estudantes que pretendam desenvolver um conhecimento em Física orientado para

aplicações, preparando-os para atividades de tecnologia, eng^a avançada e desenvolvimento de sistemas complexos, habilitando-os para carreiras de I&D e/ou de desenvolvimento em ciências aplicadas, necessários para a sociedade tecnológica do presente e do futuro, estimulando ainda nos estudantes espírito criativo, autónomo, responsável e de liderança.

3.1. The study programme's generic objectives:

The Master's Degree in Engineering Physics (MEF) aims to prepare professionals with solid advanced scientific and technical training in different fields of physical engineering and technologies. The training perspective is open to the outside and linked to the job market, placing the student, and future professional, in contact with problems associated with physical phenomena that underlie technological innovation, providing them with solid knowledge in physics and an understanding of engineering approaches.

This course is designed for students wishing to develop an application-oriented knowledge of physics, preparing them for technological, advanced engineering and complex system development activities, enabling them to pursue R&D and/ or applied science development careers, necessary for the present and future technological society, stimulating in students a creative, autonomous, responsible and leadership spirit.

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

O MEF oferece formação avançada abrangente e de elevada qualidade numa das áreas estratégicas de Ciências, i.e. engenharia e tecnologias físicas. A existência de um n^o relevante de UC's opcionais permite que os estudantes definam o seu percurso formativo de acordo com as suas preferências e/ou objetivos. A Dissertação, no 2^o ano, contribui para o desenvolvimento da capacidade de trabalho autónomo, embora supervisionado, e para a aquisição de diversas outras competências como estratégias de aprendizagem, pensamento crítico e espírito de inovação, capacidade de colocar e resolver problemas complexos, de exposição e comunicação oral e escrita, capacidade de funcionamento em grupo de trabalho e de liderança, resiliência e flexibilidade, etc.

Em sintonia com o espírito de Bolonha, Ciências aposta numa formação global e universalista, com a aquisição de conhecimentos em áreas transversais, oferecendo UC's opcionais na área das ciências empresariais, organizacionais e da gestão.

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

The Master in Eng. Physics offers comprehensive and high quality advanced training in one of the strategic areas of FCUL, i.e. physical engineering and technologies. Having a relevant number of optional courses, allows students to define their educational path according to their preferences and/or goals. The Master Thesis, in the 2nd year, contributes to the development of autonomous work capacity, although supervised, and to the acquisition of several other skills such as learning strategies, critical thinking and innovation spirit, ability to pose and solve complex problems, exposure and oral and written communication, team working and leadership skills, resilience and flexibility, etc.

Keeping with the spirit of Bologna, FCUL is committed to a global and universalist formation, with the acquisition of knowledge in transversal areas, offering optional courses in the area of business, organizational and management sciences.

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:

A missão de Ciências-ULisboa é expandir os limites do conhecimento científico e tecnológico, transferir esse conhecimento para a sociedade e promover a educação dos seus estudantes através da prática da investigação e desenvolvimento de uma cultura de aprendizagem permanente, valorizando o pensamento crítico e a autonomia intelectual. Para cumprir esta missão, Ciências oferece formação numa grande diversidade de áreas, em particular nos domínios das ciências físicas e das engenharias e tecnologias físicas. Ciências oferece 14 Licenciaturas, 3 Mestrados Integrados (em fase de extinção), 40 Mestrados e 24 Doutoramentos (alguns em associação com outras instituições), e formação não conferente de grau (Minors, Cursos de Pós-graduação, Cursos Livres e outros).

Esta diversidade, bem como a grande dimensão de Ciências (cerca de 450 docentes e investigadores e 5500 alunos), gera um ambiente estimulante para os que nela trabalham, que propicia interações entre pessoas de domínios científicos diferentes, abrindo novos caminhos e novas visões. A intensidade da atividade laboratorial, logo a partir das licenciaturas, é uma das marcas de Ciências. Embora dispendiosa, esta opção é indispensável para garantir o selo de qualidade transportado por muitos dos seus ex-alunos, que hoje se espalham por muitas empresas e instituições, públicas e privadas, em Portugal e no estrangeiro.

O Mestrado em Engenharia Física, pelas suas características, responde na íntegra à missão e estratégia de Ciências na criação, transmissão e difusão da ciência e da tecnologia, oferecendo uma formação avançada abrangente e de elevada qualidade numa das áreas estratégicas de Ciências. A atividade experimental está fortemente presente neste CE, contribuindo para o desenvolvimento de pensamento crítico e incentivando a comunicação oral e escrita dos estudantes.

A Dissertação/Estágio no último ano do ciclo de estudos representa uma oportunidade à inserção em projetos de I&D, em curso em empresas e institutos, nos centros de investigação de Ciências ou da ULisboa, ou ainda no estrangeiro beneficiando, por ex., do programa Erasmus, promovendo assim a educação pela prática da investigação. A possibilidade da Dissertação ser realizada em meio empresarial ou em organizações e infraestruturas europeias constitui uma mais valia deste mestrado, abrindo-o ao mercado do emprego fora da academia e fortalecendo a ligação de Ciências à sociedade.

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 mission of FCUL-ULisboa is to expand the limits of scientific and technological knowledge, transfer this knowledge to society and promote the education of its students through the practice of research and development of a

culture of permanent learning, valuing critical thinking and intellectual autonomy. To fulfill this mission, FCUL offers training in a wide range of fields, particularly in the fields of physical sciences and engineering and physical technologies. FCUL offers 14 Bachelor Degrees, 3 Integrated Masters Degrees (in extinction stage), 40 Masters Degrees and 24 Doctorates (some in association with other institutions), and non-degree-awarding training (Minors, Postgraduate Courses, Free Courses and others).

This diversity, as well as the large size of FCUL (about 450 teachers and researchers and 5500 students), creates a stimulating environment for those who work in it, which provides interactions between people from different scientific domains, opening new paths and new visions. The intensity of laboratory activity, right from the undergraduate degree, is one of the hallmarks of FCUL. Although costly, this option is indispensable for guaranteeing the quality seal carried by many of its alumni, which today spread to many companies and institutions, public and private, in Portugal and abroad.

The Master in Engineering Physics, by its characteristics, fully responds to the mission and strategy of FCUL in the creation, transmission and diffusion of science and technology, offering a comprehensive and high quality advanced training in one of the strategic areas of FCUL. Experimental activity is strongly present in this cycle of study (CS), contributing to the development of critical thinking and encouraging students' oral and written communication.

The Master Thesis/Internship in the last year of the CS represents an opportunity for insertion in R&D projects, ongoing in companies and institutes, in FCUL research centers or at ULisboa, or abroad, benefiting, for example, from the Erasmus program, thus promoting education through the practice of research. The possibility of the Master Thesis being carried out in business or in European organizations and infrastructures is an added advantage of this master's degree, opening it to the job market outside academia and strengthening the connection of FCUL to society.

4. Desenvolvimento curricular

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

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

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

N.A.

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

Mapa II - N.A.

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

N.A.

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

N.A.

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 / Mandatory ECTS	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Engenharias e Tecnologias Físicas/Physical Engineering and Technologies	ETFIS	84	6	6 - 36 (ECTS optativos)
Ciências Físicas/Physics	CFIS	0	0	0 - 30 (ECTS optativos)
Ciências Matemáticas/Mathematical Sciences	CMAT	0	0	0 - 18 (ECTS optativos)
Ciência e Engenharia Biomédica/Biomedical Science and Engineering	CEB	0	0	0 - 18 (ECTS optativos)
Ciência e Engenharia Informática/Science and Computer Engineering	CEI	0	0	0 - 30 (ECTS optativos)
Ciências e Tecnologias Químicas/Chemical Sciences and Technologies	CTQ	0	0	0 - 18 (ECTS optativos)
Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização/Business Administration, Management and Organization Sciences	CEGO	0	0	0 - 6 (ECTS optativos)
Outra unidade curricular de 2º Ciclo de Ciências ou da ULisboa, mediante acordo da Coordenação do Curso.	QA	0	0	0 - 18 (ECTS optativos)

4.3 Plano de estudos

Mapa III - N.A. - 1º Ano/1º semestre

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

N.A.

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

N.A.

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º Ano/1º semestre

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Materiais Funcionais/Functional Materials	ETFIS	Sem	168	T -28; TP - 28	6	
Ótica Aplicada e Lasers/Applied Optics and Lasers	ETFIS	Sem	168	T -28; PL - 28	6	
Engenharia de Telescópios e Satélites/Engineering of Telescopes and Satellites	ETFIS	Sem	168	T -28; PL - 28	6	
Opção/Option	-	Sem	168	-	6	Optativa/Optional
Opção/Option	-	Sem	168	-	6	Optativa/Optional

(5 Items)

Mapa III - N.A. - 1º Ano/2º semestre

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

N.A.

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

N.A.

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º Ano/2º semestre

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Engenharia de Controlo/Control Engineering	ETFIS	Sem	168	T - 28; PL - 28	6	
Opção/Option	ETFIS	Sem	168	-	6	Optativa/Optional
Opção/Option	-	Sem	168	-	6	Optativa/Optional
Opção/Option	-	Sem	168	-	6	Optativa/Optional
Opção/Option	-	Sem	168	-	6	Optativa/Optional

(5 Items)

Mapa III - N.A. - 2º Ano

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

N.A.

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

N.A.

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º Ano

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Modelação e Simulação em Engenharia/Modeling and Simulation in Engineering	ETFIS	Sem	168	T - 28; PL - 28	6	
Engenharia da Medida e Padrões/Engineering of Measure and Standards	ETFIS	Sem	168	T - 28; TP - 28	6	
Dissertação/Estágio em Engenharia Física/Dissertation/Internship in Engineering Physics	ETFIS	Anual	1344	OT - 42	48	

(3 Items)

Mapa III - N.A. - Grupo Opcional 1º Ano**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

N.A.

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

N.A.

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

Grupo Opcional 1º Ano

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletrónica Aplicada/Applied Electronics	ETFIS	Sem	168	T - 28 ; PL - 28	6	Optativa
Projeto em Eletrónica e Instrumentação/Project in Electronics and Instrumentation	ETFIS	Sem	168	T - 14 ; PL - 42	6	Optativa
Sensores e Sistemas Óticos/Sensors and Optical Systems	ETFIS	Sem	168	T - 28 ; PL - 28	6	Optativa
Aprendizagem Automática/Machine Learning	CEI	Sem	168	T - 28 ; TP - 21	6	Optativa
Optoelectrónica/Optoelectronics	ETFIS	Sem	168	T- 28 ; TP- 14; PL- 14	6	Optativa
Laboratório de Materiais/Materials Laboratory	ETFIS	Sem	168	T - 14 ; PL - 42	6	Optativa
Navegação e Segmentos Solo/Navigation and Ground Segments	ETFIS	Sem	168	T - 28 ; TP - 28	6	Optativa
Física da Matéria Mole/Physics of Soft Matter	CFIS	Sem	168	T - 28 ; TP - 28	6	Optativa
Técnicas em Física de Partículas/Particle Physics Techniques	CFIS	Sem	168	T - 28 ; TP - 28	6	Optativa

(9 Items)

4.4. Unidades Curriculares**Mapa IV - Materiais Funcionais**

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Materiais Funcionais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Functional Materials

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<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 Margarida Colen Martins da Cruz ; 28hT + 28hTP

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

A – Complementar e consolidar a formação dos alunos no domínio da Ciência dos Materiais.

B – Apresentar as propriedades físicas relacionadas com a estrutura electrónica dos materiais, focando os materiais semicondutores, magnéticos e supercondutores.

C – O aluno deve ganhar a competência para relacionar a estrutura electrónica dos materiais com as propriedades que dela dependem.

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

A – To complement and consolidate the knowledge on Materials Science.

B – To present the physical properties directly related with the electronic structure, focusing on semiconductors, magnetic and superconducting materials.

C – Students should gain the competence to relate the electronic structure of materials with properties that depend on it.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução.

2. Estrutura electrónica dos materiais: electrões livres e electrões quase-livres; bandas de energia; isolantes, metais e semicondutores.

3. Semicondutores intrínsecos e extrínsecos; estatística dos portadores de carga; excesso de portadores e difusão ambipolar. Semicondutores inhomogéneos; junção p-n; dispositivos. Propriedades ópticas de semicondutores; aplicações.

4. Propriedades magnéticas dos materiais: origem atómica do magnetismo; diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo; modelo de Weiss; campo cristalino; interação spin-órbita e anisotropia magnetocristalina. Técnicas

de caracterização magnética.

5. Introdução à supercondutividade; fenomenologia de supercondutores; teoria BCS; aplicações.

Nota: O capítulo 5. pode ser substituído por outro sobre outro tipo de materiais com importância tecnológica, considerados relevantes para a formação dos alunos.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction

2. Electronic structure of materials: free and nearly-free electrons; energy bands; insulators, metals and semiconductors.

3. Intrinsic and extrinsic semiconductors; charge carriers statistics; excess carriers and ambipolar diffusion. Inhomogeneous semiconductors; p-n junction; devices. Optical properties of semiconductors; applications.

4. Magnetic properties of materials: atomic origin of magnetism; diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism; Weiss model; crystalline field; spin-orbit interaction and magneto crystalline anisotropy. Magnetic characterization techniques.

5. Introduction to superconductivity; phenomenology of superconductors; BCS theory; applications.

Rq. Chapter 5. May be replaced by another on other materials of technological importance considered relevant to the training of students.

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

Os conteúdos programáticos correspondem primeiro a um desenvolvimento da teoria que descreve os estados electrónicos de um material a partir dos modelos mais simples até ao modelo quântico com potencial periódico fraco, que descreve com boa aproximação o estado fundamental dos materiais metálicos e semicondutores, permitindo aos alunos assimilar as características quânticas e estatísticas do comportamento electrónico. A partir daí são introduzidas as interações entre electrões, levando à abordagem dos materiais magnéticos e supercondutores. A aplicação prática de todos os conceitos e a sua interligação com o comportamento experimental dos materiais é sempre salientada para que os alunos estabeleçam a ligação entre a estrutura electrónica do material e as suas propriedades.

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

The syllabus corresponds first to a development of the theory describing the electronic states in a solid from the simpler models to the quantum model with weak periodic potential, which describes with good approximation the ground state of metallic and semiconductor materials, allowing the students to understand the quantum and statistic characteristics of the electronic behavior. Interactions between electrons are then introduced, that leads to magnetic and superconducting materials. The practical application of all concepts and their interconnection with the experimental behavior of materials is always highlighted in order to allow the students to relate the electronic structure of the material with its properties.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: expositiva

TEÓRICO – PRÁTICA: resolução de problemas com discussão

AValiação: A avaliação tem duas componentes:

(a) contínua: constituída por um problema de avaliação por cada série de problemas (20%);

(b) global: exame escrito final ou 2 testes realizados durante o semestre (80%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: expository

PROBLEM CLASSES: problem solving and discussion

EVALUATION: The evaluation has two components:

(a) continuous: consisting of one assessment problem for each series of problems (20%);

(b) global: final written exam or 2 tests during the semester (80%);

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

A metodologia utilizada, que inclui, para além da apresentação e discussão de conceitos, a realização de trabalho individual e a discussão de problemas, permite aos estudantes compreender as propriedades electrónicas de uma forma integrada, habilitando-os a tornarem-se autónomos em estudos futuros. A abordagem dos diferentes tipos de comportamento electrónico dará aos alunos uma visão global do papel dos estados electrónicos nas propriedades dos materiais.

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

The methodology, which includes, in addition to the theoretical presentation, the execution of individual work and the discussion of problems, allows students to understand the electronic properties in an integrated manner, enabling them to become autonomous in future studies. The approach of the different types of electronic behavior will give the students an overview of the role of electronic states in the material properties.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Solid State Physics for Engineering and Materials Science: J.P. McKelvey 1993, Krieger Publishing Company.*
- *Introduction to Solid State Physics: Charles Kittel 2005 (8th edition), John Wiley and Sons.*
- *Introduction to Superconductivity: M. Tinkham 1975, McGraw-Hill, Inc.*
- *Slides apresentados nas aulas.: Margarida Cruz 2018;*
- *Solid State Physics: An Introduction to Theory and Experiment, Springer-Verlag: H. Ibach and H. Luth 1996.*
- *Magnetism in Condensed Matter: Stephen Blundell, Oxford Master Series; 2001, Oxford Master Series;*
- *Fundamentals of Solid State Physics: J. Richard Christman 1988, John Wiley and Sons.*

Mapa IV - Ótica Aplicada e Lasers

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ótica Aplicada e Lasers

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Optics and Lasers

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José Manuel Nunes Vicente Rebordão ; 28hT

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

João Miguel Pinto Coelho ; 28hPL

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

A – Conhecer os principais conceitos da óptica e dos lasers (no contexto mais integrado e com vertente industrial da fotónica) relevantes para o desenvolvimento de instrumentação e de aplicações da luz, completando e tornando mais operacionais conhecimentos de ciclos anteriores de formação.

B – Apresentar os conceitos e modelos relativos à luz por ordem progressiva de detalhe de modo a cobrir a compreensão do funcionamento e, ainda, a fornecer ferramentas para a respetiva optimização, passando necessariamente por aplicações computacionais e simulação.

C – Apresentar diversas opções tecnológicas actuais para a implementação das diversas funcionalidades instrumentais relevantes para as tecnologias e aplicações da luz.

D – Desenvolver uma clara compreensão dos níveis de interface com os sistemas de detecção, sempre que aplicável.

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

A – Know the main concepts of optics and lasers (in the more integrated and industrial context of photonics) relevant for the development of light instrumentation and applications, complementing and making more operational previous knowledge.

B – Present the concepts and models related to light in progressive order of detail to cover the understanding of their operation and also provide tools for its optimization, necessarily through computational applications and simulation.

C – Present several current technological options for the implementation of the various instrumental features relevant to light technologies and applications.

D – Develop a clear understanding of levels of interface with detection systems, where applicable.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A – ÓTICA GEOMÉTRICA: Sistemas arbitrários. Aberrações. Análise e de desenho de sistemas.

B – PROPAGAÇÃO: Difracção e Óptica de Fourier. PSF, OTF e MTF. Tratamento de aberrações. Campo próximo, aplicações. Modelação numérica.

C – INTERFEROMETRIA E METROLOGIA ÓPTICA: Duas ondas. Ondas múltiplas. Phase shifting e unwrapping da fase. Análise de interferogramas [tempo (desmodulação) e espaço].

D – POLARIZAÇÃO: Descrição electromagnética e elipsóide dos índices. Ótica dos meios anisótropos. Moduladores.

E – RADIOMETRIA E FOTOMETRIA: Grandezas básicas e principais teoremas. Fontes, emissividade, BDRF. Irradiância no detector, ruído.

F – COERÊNCIA: Funções. Propagação das funções de coerência. Radiometria generalizada.

G – LASERS: Princípios de funcionamento, ganho, risca. Bombeamento. Cavidade ressonante, feixes, modos e espectro. Geração de impulsos. Tipos de lasers e operação. Segurança laser.

H – ÓPTICA NÃO-LINEAR: Efeitos de 2ª e 3ª ordem. Sistemas e aplicações.

4.4.5. Syllabus:

A – GEOMETRICAL OPTICS: Arbitrary Systems. Aberrations. Analysis and system design.

B – PROPAGATION: Fourier Optics and Diffraction. PSF, OTF and MTF. Treatment of aberrations. Near field, applications. Numerical Modelling.

C – INTERFEROMETRY AND OPTICAL METROLOGY: Two waves. Multiple waves. Phase shifting and unwrapping phase. Interferogram analysis [time (demodulation) and space].

D – POLARIZATION: Electromagnetic description and ellipsoid of indices. Optics of anisotropic media. Modulators.

E – RADIOMETRY AND PHOTOMETRY: Basic quantities and main theorems. Sources, emissivity, BDRF. Detector irradiance, noise.

F – COHERENCE: Functions. Propagation of coherence functions. Generalized radiometry.

G – LASERS: Principles, gain, line profile. Pumping. Resonant cavities, beams, modes and spectrum. Pulse Generation. Laser Types and Operation. Laser Safety.

H – NONLINEAR OPTICS: 2nd and 3rd Order effects. Systems and applications.

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

Objectivo A - Os conteúdos serão discutidos na perspectiva das actuais aplicações e mercados da fotónica, tendo como objectivo, na perspectiva da engenharia, a compreensão das escalas e especificidades das tecnologias envolvidas.

Objectivo B - Procurar-se-á clarificar a lógica que relaciona requisitos com especificações, para várias classes de sistemas / instrumentos, encadeando os modelos e conceitos aplicáveis de forma quantitativa.

Objectivo C - Serão apresentados, sempre que possível, ou relevante, as opções tecnológicas admissíveis e exemplificados os tradeoffs de sistema que serão, inevitavelmente realizados.

Objectivo D - Uma vez que as fontes e sistemas ópticos têm como função garantir no detector níveis mínimos de sinal

ou de SNR, os estudantes serão confrontados com metodologias de estimativa da irradiância ou da fluência na parte terminal do sistema.

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

Objective A - The contents will be discussed from the perspective of current applications and markets of photonics, with the objective, from an engineering perspective, to understand the scales and specificities of the technologies involved.

Objective B - The aim is to clarify the logic that relates requirements to specifications for various classes of systems / instruments by linking the applicable models and concepts in a quantitative manner.

Objective C - Whenever possible or relevant, the allowable technological options will be presented and the system tradeoffs, that will inevitably be realized, will be exemplified.

Objective D - Since optical sources and systems are intended to ensure minimum signal or SNR levels in the detector, students will be confronted with methodologies for estimating irradiance or fluency at the terminal part of the system.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação dos conceitos, principais modelos e equações, e respectiva formalização

PRÁTICA LABORATORIAL: Implementação efectiva de sistemas com material profissional, em difracção, propagação, óptica de Fourier, polarização e coerência, com utilização de lasers (díodo, He-Ne e Nd-Yag).

AVALIAÇÃO:

- Monografia individual (10 páginas, formato de artigo a submeter a revista) com apresentação pública (30%)*
- Entrega de 4 problemas resolvidos (metade do número de grandes secções do programa) (20%)*
- Relatórios laboratoriais (grupos com não mais de 2 alunos) (50%)*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of concepts, main models and equations, and their formalization

LABORATORY PRACTICE:

Effective implementation of systems with professional material, in diffraction, propagation, Fourier optics, polarization and coherence, using lasers (diode, He-Ne and Nd-Yag).

EVALUATION:

- Individual monograph (10 pages, article format for a journal submission) with public presentation (30%)*
- Delivery of 4 problems solved (half the number of large sections of the program) (20%)*
- Laboratory reports (groups of no more than 2 students) (50%)*

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

Para além de aulas expositivas que apresentarão os conteúdos de forma agregada e sintética – embora com clara identificação de fontes para aprofundar qualquer dos temas - os alunos trabalharão em laboratório com componentes e feixes luminosos associados a componentes e sistemas profissionais, para adquirir uma sensibilidade mínima e algum proficiência na manipulação de sistemas e na apreensão da fenomenologia. Não existem aulas teórico-práticas.

A avaliação através de monografia tem como objectivo comprometer os alunos com um mini-projecto que deve conciliar a demonstração dos conceitos, a escolha de tecnologias, a realização de estudos de simulação ou de tradeoffs, e a avaliação, de facto, da viabilidade de um determinado objectivo.

Dinamizar-se-á a utilização de ambientes de modelação numérica e/ou aplicações Matlab, através da realização de trabalho pessoal ou de grupo.

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

In addition to lectures that will present the contents in an aggregate and synthetic way - although with clear identification of sources to deepen any of the themes - students will work in the laboratory with components and light beams associated with professional components and systems, to acquire a minimum sensitivity and some proficiency in the manipulation of systems and the apprehension of phenomenology. There are no theoretical-practical classes.

Evaluation through a monograph aims to engage students with a mini-project that should reconcile the demonstration of concepts, the choice of technologies, the conduct of simulation studies or tradeoffs, and the de facto assessment of the feasibility of a project.

The use of numerical modelling environments and / or Matlab applications will be streamlined through personal or group work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Bass M et al., *Handbook of Optics (Vol 1-5)*, (OSA, McGraw, 2001, 2009)
- Guenther R, Steel D, *Encyclopedia of Modern Optics (Vol 1-5)* (Elsevier, 2018)
- Goodman J W, *Introduction to Fourier Optics* (Roberts & Co, 2005)
- Goodman J W, *Statistical Optics (2nd ed.)* (Wiley, 2015)
- Verdeyen J.T., *Laser electronics (3ed., PH, 1995)*
- *Revistas e artigos de revistas da Optical Society of America (OSA), SPIE e Nature Photonics [Será fornecida bibliografia específica de acordo com as necessidades ou interesses dos alunos].*
- *Scientific journals and scientific articles from Optical Society of America (OSA), SPIE and Nature Photonics [Specific bibliography will be provided according to students' needs or interests].*

Mapa IV - Engenharia de Telescópios e Satélites

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Engenharia de Telescópios e Satélites

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Engineering of Telescopes and Satellites

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

André Maria da Silva Dias Moitinho de Almeida ; 28hT + 28hPL

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 – Integrar conhecimentos anteriores sob a forma de “sistemas”, designadamente sistemas de telescópios e de satélites.

B – Apresentar os principais projectos de desenvolvimento que se encontram em curso em instituições tais como a ESA e ESO, incluindo projectos em que é relevante a intervenção nacional (e da FCUL) através do desenvolvimento de sistemas instrumentais ou dos respectivos sistemas de processamento de dados.

C - Apresentar e discutir os principais desafios tecnológicos associados, nomeadamente as condições extremas de operação impostas pelo ambiente e pelos requisitos sobre a operação das tecnologias utilizadas em ciências do espaço.

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

A - Integrate previous knowledge in the form of “systems”, namely telescope and satellite systems.

B - Present the main development projects underway at institutions such as ESA and ESO, including projects where national (and FCUL) intervention is relevant through the development of instrumentation systems or their data processing systems.

C - Present and discuss the main associated technological challenges, namely the extreme operating conditions imposed by the environment and the requirements on the operation of technologies used in space science.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. ENGENHARIA DE SISTEMAS DE TELESCÓPIOS**

1.1 - Sistemas para observação (remota) do/no Espaço

1.2 - Requisitos de engenharia

1.3 - Telescópios, instrumentos e observatórios astronómicos (ou instrumentos e tecnologias para observação astronómica). Inclui desenhos básicos de telescópios reflectores, óptica activa, óptica adaptativa.

1.4 - Sensores mais relevantes (CCDs, ...)

1.5 - Introdução ao projecto de instrumentos para telescópios.

2. ENGENHARIA DE SATÉLITES

2.1 - Visão sistémica de uma missão espacial

2.2 - O ambiente espacial e os seus efeitos no desenho de missões.

2.3 - Objectos orbitais: bases de dados (SpaceTrack, ...), formatos (Two/Three Line Elements)

2.3 - Sistemas de propulsão

2.4 - Sistemas de Determinação e Controlo de Atitude

2.5 - Standards (ECSS)

2.6 – Análise de casos (uma missão ESA analisada com detalhe, incluindo sistemas de Space Situational Awareness).

4.4.5. Syllabus:**1. TELESCOPE SYSTEMS ENGINEERING**

1.1 - Systems for (remote) observation of / in Space

1.2 - Engineering Requirements

1.3 - Telescopes, instruments and astronomical observatories (or instruments and technologies for astronomical observation). Includes basic reflective telescope designs, active optics, adaptive optics.

1.4 - Most relevant sensors (CCDs,...)

1.5 - Introduction to the design of telescope instruments.

2. SATELLITE ENGINEERING

2.1 - Systemic view of a space mission

2.2 - The space environment and its effects on mission design.

2.3 - Orbital Objects: Databases (SpaceTrack,...), Formats (Two / Three Line Elements)

2.3 - Propulsion Systems

2.4 - Attitude Determination and Control Systems

2.5 - Standards (ECSS)

2.6 - Case Analysis (an ESA mission analysed in detail, including Space Situational Awareness systems).

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

A matéria ensinada aborda as grandes áreas tecnológicas de base física relevantes para o desenvolvimento e operação de telescópios e satélites, enfatizando os níveis de “sistema”.

O desenvolvimento de projecto é extensamente discutido, incluído a consideração das diferentes classes de constrangimentos e definição de requisitos.

Os desafios actuais são postos em evidência. Dá-se especial ênfase à apresentação das grandes infraestruturas em que Portugal está inserido (ESA, ESO,..) e às oportunidades proporcionadas por essa inserção.

As práticas laboratoriais foram desenhadas para serem representativas de problemas reais, articulados com as respectivas especificações e níveis de desempenho.

Os tópicos que constituem os conteúdos programáticos são também os cobertos pelos livros de referência nas engenharias para sistemas de telescópios e satélites, como os que se indicam na bibliografia recomendada para o curso.

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

The course covers the main technology areas, based on physics, relevant to the development and operation of telescopes and satellites, emphasizing the "system" levels.

Project development is extensively discussed, including the consideration of different classes of constraints and definition of requirements.

Current challenges are highlighted. Special emphasis is given to the presentation of the major infrastructures of which Portugal is a member (ESA, ESO, ..) and the opportunities offered by this membership.

Laboratory practices are designed to be representative of real problems, articulated with their specifications and performance levels.

The topics that constitute the syllabus are also covered by the reference books on engineering for telescope and satellite systems, as indicated in the recommended bibliography for the course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação e discussão dos tópicos e conceitos. Indicação de leituras suplementares

PRÁTICA LABORATORIAL: Trabalhos computacionais e experiências de laboratório

AVALIAÇÃO: Dois trabalhos escritos e duas apresentações.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Lectures for presentation and discussion of topics and concepts. Recommendation of supplementary reading.

LABORATORY PRACTICE: Computational activities and laboratory experiments

EVALUATION: Two written works and two oral presentations.

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

Apresentações em aulas Teóricas (T) são uma forma estabelecida de transmitir conhecimento. Estão desenhadas de forma a promoverem discussões ricas e vivas (já verificado pela experiência anterior).

As PLs proporcionam uma experiência realista de "mãos-à-obra".

As discussões em conjunto com a leitura recomendada contribuem para consolidar a matéria dada.

O estudante aprovado deverá ser capaz de:

- *Ter uma visão abrangente das engenharias de sistemas de telescópios e de satélites e do ambiente em que operam*
- *Discutir os temas apresentados na disciplina, tanto isolados como em articulação*
- *Conduzir experiências para a caracterização de sensores de imagem*
- *Modelar e analisar o ambiente orbital*
- *Fazer apresentações independentes nesta área profissional, com respeito pelos limites de tempo.*

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

Theoretical classes (T) are an established way of transmitting knowledge. They are designed to promote rich and lively discussions (as verified in previous experience)

The Laboratory practice (PL) provides realistic hands-on experience.

The discussions together with the recommended literature contribute to consolidate the taught subjects.

The successful student should be able to:

- *Have a comprehensive view of engineering for telescope and satellite systems and the environment in which they operate*
- *Discuss the themes presented in the course, both isolated and in articulation*
- *Conduct experiments for the characterization of image sensors*
- *Model and analyze the orbital environment*
- *Independent presentations in this professional area, with respect for the time limits.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Ian S. McLean, Electronic Imaging in Astronomy, Detectors and Instrumentation, (Springer Praxis Books Astronomy and Planetary Sciences), Second Edition

- Steve B. Howell, Handbook of CCD Astronomy

- Peter Fortescue, Graham Swinerd, John Stark + Spacecraft Systems Engineering 4th ed. (Wiley, 2011)

- John W. Hardy, Adaptive optics for Astronomical Telescopes, Oxford

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

Engenharia de Controlo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Control Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<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 Soares Augusto ; 28hT + 28hPL

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

N.A.

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

A – Os alunos aprendem que os sistemas tecnológicos dispõem de sofisticadas malhas de controlo de forma a satisfazer requisitos de projecto económicos e técnicos.

B – Os alunos estudam técnicas de análise e projecto de controladores em termos de arquitectura, desempenho e dos seus efeitos no processo. Estes sistemas são transversais a todas as áreas tecnológicas e o seu conhecimento é uma mais valia para a formação de Engenheiros e Cientistas.

C – Os alunos desenvolvem competências de modelação e simulação de sistemas reais com ferramentas apropriadas (Octave, Scilab), de análise e de projecto, quer usando as técnicas do "root locus" e da margem de fase, quer usando as técnicas mais modernas de colocação de pólos, de realimentação de variáveis de estado e de optimização de critérios de desempenho. Há um enfoque no projecto de controladores digitais.

D – São também estudados com brevidade, e com cariz algo informativo, o controlo de sistemas não lineares e o controlo adaptativo.

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

A – Students learn that technological systems have sophisticated control loops for satisfying technical and economical project requirements.

B – Students focus on techniques of analysis and design of controllers in terms of architecture, performance and their effects in the control process. These systems are transversal to all technological areas and their study is valuable for the education of Engineers and Scientists in all technological areas.

C – Students develop simulation and modeling skills, focusing in real systems, and getting used to programming tools (Octave, Scilab). They are trained in classical controller design techniques such as "root locus" and gain and phase margins, as well as in modern design techniques such as pole placement, state variable feedback and performance optimization. There is a strong focus on the design of Digital Controllers.

D – As a complement, a brief overview of more complex systems such as nonlinear and adaptive controllers is given.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Técnicas Matemáticas em Controlo*
2. *Sensores e Actuadores em Sistemas de Controlo. Diagramas de Blocos*
3. *Análise de Sistemas de Controlo*
4. *Sistemas de Controlo Discretos*
5. *Métricas de Desempenho no Projecto de Controladores. Implementação Electrónica de Controladores*
6. *Análise e Projecto de Sistemas de Controlo com o 'Root Locus'*
7. *Projecto de Controladores na Frequência. Controlo PID*
8. *Realimentação de Variáveis de Estado e Colocação de Pólos*
9. *Projecto de Controladores Digitais*
10. *Introdução ao Controlo Não Linear e ao Controlo Adaptativo.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Mathematical Techniques for Control*
2. *Sensors and Actuators in Control Systems. Block diagrams*
3. *Analysis of Control Systems*
4. *Discrete Control Systems*
5. *Performance Measures in Controller Design. Implementation of Electronic Controllers*
6. *Analysis and Design of Control Systems with the "Root Locus" Technique*
7. *Controller Design in the frequency Domain. PID Control.*
8. *State Variable Feedback and Pole Placement*
9. *Digital Controller Design*
10. *Introduction to Nonlinear Control and to Adaptive Control*

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

Os objectivos deste curso são a introdução dos alunos aos sistemas de controlo moderno e o ensino das técnicas relevantes de análise e de projecto, clássicas e modernas.

Nessa medida, o conteúdo programático proposto é de banda larga, focando variadas sub-áreas do controlo (linear, analógico, digital, adaptativo, não linear, multivariável) embora algumas delas sejam pouco aprofundadas em virtude da limitada carga horária.

A matemática e as técnicas de simulação e de modelação importantes para a área são revistas e aprofundadas.

Tenta-se equilibrar o peso relativo nas aulas das componentes teórica, de resolução de problemas e de trabalho laboratorial do curso de forma a dotar o aluno de capacidades e de conhecimentos nas diferentes vias de ataque aplicáveis à resolução de problemas práticos.

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

This course aims to present to the students modern Control Systems and to teach relevant techniques of design and analysis, both classic and modern.

The proposed study plan is wideband and presents several sub-areas of control systems (linear, analog, digital, adaptive, nonlinear, multivariable) although some of those are not deeply explored due to the limited available time.

The foundational mathematics and the modelling and simulation techniques relevant to control are presented.

The relative importance of theory, laboratory and practice of problem solving are balanced in the course with the aim of providing the student with a broad range of skills and knowledge which allows for several ways of tackling concrete control problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação sistemática dos princípios teóricos do Controlo

PRÁTICA LABORATORIAL: Trabalho individual e em grupo, apoiado pelo docente, focando a resolução de problemas através do uso dos princípios teóricos do Controlo.

Desenvolvimento de modelos numéricos (em Scilab ou em Octave) de compensação e controlo de sistemas analógicos (amplificadores) e de sistemas digitais (usando microcontroladores de uso geral).

AVALIAÇÃO: Exame individual escrito, séries de problemas entregues ao longo do semestre e da classificação do desempenho do aluno nas aulas de laboratório.

Um projecto (opcional) poderá ainda contribuir para a nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Systematic presentation of Control Theory

Laboratory practice: Individual and group work, supported by the instructor, focusing problem solving based on Control Theory principles. Development of numeric models of controllers and compensators, using Scilab or Octave, in the analog (using opamp circuits) and digital (using general microcontroller boards) domains.

EVALUATION: Individual exam, series of problems delivered along the semester, performance of the student in the laboratory sessions. Eventual development of a small-scale project.

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

Os alunos são aqui apresentados pela primeira vez à Ciência do Controlo. O trabalho nesta área desenvolve-se nas vertentes teórica e experimental, sendo a vertente experimental muito dependente, atualmente, da simulação numérica com linguagens de alto nível focadas na resolução matemática de problemas (Matlab, Octave, Scilab, Julia, entre outras).

Por esta razão, o trabalho experimental tem uma componente em simulação importante, sendo usada a plataforma Scilab no laboratório em virtude desta apresentar grande versatilidade, boa qualidade e de ser grátis.

No laboratório também são estudados sistemas físicos de controlo, em particular a compensação|estabilização de amplificadores e a implementação de controlo digital com microcontroladores de baixo custo.

No que respeita à teoria, são estudadas as técnicas clássicas de controlo e são também apresentadas técnicas modernas.

Desta maneira proporciona-se ao aluno uma base de conhecimentos sólida, suficiente para o aprofundamento futuro de sub-áreas do controlo que profissionalmente lhe possam vir a interessar, e que facilite também o entendimento da pujante e vasta literatura científica da área.

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

In this course the students are presented for the first time to Control Science. The workflow goes along both theory and experience: the experimental work develops both with the support of microcontrollers and with numerical simulation tools.

The simulation in the laboratory is supported with Scilab, which is free, open-source, versatile and good enough for our purposes. Other equivalent tools could also have been used (e.g. Matlab, Octave, Julia).

In the laboratory are also studied and controlled physical systems, mainly using digital control algorithms implemented in microcontrollers. The compensation/stabilization of analog amplifiers is also studied.

Both classical and modern control techniques are studied and used in the projects.

In the end, by having a solid and broad training in Control techniques the students are prepared to dive into control sub-areas which they faced with along their professional life, as well as for reading technical literature in the area.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- C. T. Chen, "Analog and Digital Control System Design", Saunders|HBJ, 1993.
- N. Nise, "Control Systems Engineering (3rd Ed.)", Wiley, 2002.
- K. Warwick, "An Introduction to Control Systems (2nd. Ed.)", World Scientific, 1996.
- K. Astrom and B. Wittenmark, "Computer Controlled Systems (3rd. Ed.)", Prentice-Hall, 1997.
- R. Jacquot, "Modern Digital Control Systems (2nd. Ed.)", Marcel Dekker, 1995.
- K. Astrom and B. Wittenmark, "Adaptive Control (2nd. Ed.)", Prentice-Hall, 1994.
- J. J Slotine, W. Li, "Applied Nonlinear Control", Prentice-Hall, 1991.

Mapa IV - Modelação e Simulação em Engenharia**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Modelação e Simulação em Engenharia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Modeling and Simulation in Engineering***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***ETFIS***4.4.1.3. Duração:***Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 28 ; PL - 28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***António Joaquim Rosa Amorim Barbosa ; 28hT + 28hPL***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 – Permitir a utilização prática do método dos elementos finitos, para o estudo de tensões, deformações e quebras de simetria (buckling) em sólidos (FEM e FEA).**B – Ser capaz de simular os fluxos térmicos e radiativos em sistemas físicos por aplicação dos métodos computacionais avançados.**C – Saber calcular as quantidades e os diferentes campos associados com a dinâmica de fluidos computacional tanto para sistemas com fluidos em cavidades internas como para os objetos em deslocamento num fluido externo.**D – Conhecer e aplicar os métodos de simulação de elementos finitos a sistemas elétricos e magnéticos em regime estacionário ou dinâmico para frequências baixas e intermédias. Saber especificar os sistemas de fonte do campo elétrico e magnético e analisar os campos obtidos.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – To allow the practical use of the finite element method for the study of stresses, deformations and symmetry breaks (buckling) in solids (FEM and FEA).**B – To be able to simulate thermal and radiative fluxes in physical systems using advanced computational methods.**C - Know how to calculate the quantities and different fields associated with computational fluid dynamics for both internal cavity fluid systems and for moving objects in an external fluid.**D - Know and apply finite element simulation methods to electrical and magnetic systems in the steady or dynamic regimes for low and intermediate frequencies. Understand how to specify the sources of the electric and magnetic fields and analyze the resulting fields.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***- Descrição geral dos conceitos método de elementos finitos.**- Simulações de deformações em corpos rígidos: Propriedades dos materiais; Malha e sua otimização; Definição das condições fronteiras; Forçamentos; Técnicas de análise dos resultados.**- Exemplos de simulação em engenharia física e em engenharia biomédica para sistemas mecânicos, opto-mecânicos e biomecânicos.**- Processos irreversíveis para sistemas térmicos. Aplicação aos fluxos de energia por radiação.**- Estudo da simulação de dinâmica de fluidos: Definição do volume computacional, malha inicial e condições fronteira. Análise dos campos resultantes, linhas de fluxo e trajetórias de partículas.*

- *Simulação de sistemas electrostáticos e magneto-estáticos: volumes e materiais, condições fronteiras, distribuição de cargas/correntes e análise dos resultados.*
 - *Simulação em sistemas eletrodinâmicos da força eletromotriz.*
- Componente Prática com utilização sistemática das ferramentas de simulação SolidWorks e EMWorks.*

4.4.5. Syllabus:

- *General description of the finite element method.*
 - *Simulations of deformations in rigid bodies: Properties of materials; Mesh and its optimization; Definition of boundary conditions; Forces; Result analysis techniques.*
 - *Examples of physical and biomedical engineering, including simulation for mechanical, opto-mechanical and biomechanical systems.*
 - *Irreversible processes in thermodynamics. Application to energy flow by radiation.*
 - *Study of fluid dynamics simulation: Definition of computational volume, initial mesh and boundary conditions. Analysis of the resulting fields, flow lines and particle paths.*
 - *Simulation of electrostatic and magnetostatic systems: volumes and materials, boundary conditions, load / current distribution and analysis of results.*
 - *Simulation in electrodynamic systems of the electromotive force.*
- Practical component with systematic use of SolidWorks and EMWorks simulation tools.*

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

A metodologia utilizada permitirá aos estudantes abordar os temas desenvolvidos na disciplina de uma forma integrada com vista a habilitar cada um dos alunos a tornar-se autónomo em estudos futuros.

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

The methodology used allows students to approach the subjects developed in the course in an integrated way enabling each student to become autonomous in their future studies.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição formal dos conceitos e utilização em ambiente computacional

PRÁTICA LABORATORIAL: Desenvolvimento de casos práticos concretos associados à instrumentação científica e sistemas biomédicos

AVALIAÇÃO: Exposição oral e relatório escrito de trabalhos individuais acompanhados em múltiplas fases:

- *fase A: Carta de intenções incluindo delimitação do trabalho.*
- *fase B: Revisão preliminar de projeto.*
- *fase C: Revisão final do projeto que inclui: simulações detalhadas.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Formal exposition of concepts and usage in computational environment.

LABORATORY: Development of concrete case studies associated with scientific instrumentation and biomedical systems

EVALUATION:

Oral presentation and written report of individual work accompanied in multiple phases:

- *phase A: Letter of intent including work delimitation.*
- *Phase B: Preliminary project review.*
- *Phase C: Final project review which includes detailed simulations.*

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

A metodologia utilizada permitirá aos estudantes abordar os temas desenvolvidos na disciplina de uma forma integrada com vista a habilitar cada um dos alunos a tornar-se autónomo em estudos futuros.

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

The methodology used allows students to approach the subjects developed in the course in an integrated way enabling each student to become autonomous in their future studies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *Building Scientific Apparatus, 4- Ed. , J. H. Moore, et. al., Cambridge University Press, 2009*
2. *Método dos Elementos Finitos, F. Teixeira-Dias, LIDEL, 2010*
3. *Maxwell's Equations and the principles of electromagnetism, Richard Fitzpatrick, Infinity Science, 2008*
4. *SolidWorks Simulation 2018 Black Book, by Gaurav Verma and Matt Weber*
5. *EMS_UserGuide.pdf usually found at C:\Program Files\EMWorks\Help\EMS_UserGuide.pdf*

Mapa IV - Engenharia da Medida e Padrões**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Engenharia da Medida e Padrões

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Engineering of Measure and Standards

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<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 Pereira Cabral ; 28hT + 28hTP

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 – Saber o que é medir, um dos atos mais fundamentais em engenharia física, e como avaliar o resultado do processo de medição.

B – Entender os conceitos de unidade de medida e o sistema internacional, os conceitos de erro e incerteza na medição, e a problemática da calibração de um sistema de medição.

C – Adquirir as diversas ferramentas matemáticas que permitem fazer uma avaliação rigorosa da incerteza na medição experimental, quer em situações laboratoriais de natureza científica, quer em processos industriais de controlo de qualidade.

D – Conhecer o Sistema internacional de Unidades de medida, as suas unidades base e exemplos da evolução da definição das unidades ao longo do tempo.

E – Compreender as atuais e futuras implementações dos padrões primários das principais grandezas físicas, bem como os processos seguidos para estabelecer a rastreabilidade às diferentes escalas.

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

A - Know what measurement is, one of the most fundamental acts in physical engineering, and how to evaluate the outcome of the measurement process.

B - Understand the concepts of unit of measurement and the international system of units, the concepts of measurement error and uncertainty, and the problem of the calibration of a measurement system.

C - Acquire the various mathematical tools that allow a rigorous assessment of uncertainty in experimental measurement, both in laboratory situations of a scientific nature and in industrial quality control processes.

D - Know the international System of Measurement Units, their base units and examples of the evolution of the definition of units over time.

E - Understand current and future implementations of primary standards of major physical quantities as well as the processes followed to establish traceability at different scales.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A METROLOGIA: O Papel da metrologia nos dias de hoje e a importância do Sistema Internacional de Unidades. Medir e o conceito de padrão e de rastreabilidade. Conceitos, definições e o Vocabulário Internacional de Metrologia.

EVOLUÇÃO DA METROLOGIA: Roadmap do Bureau International des Poids et Mesures para a implementação de padrões primários e implementação física atual dos padrões primários de comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, intensidade luminosa, temperatura e mole, baseados nas constantes físicas.

A MEDIÇÃO: O erro de medição e a sua estimativa. Calibração de sistemas de medição.

A AVALIAÇÃO DA MEDIÇÃO: As etapas principais para avaliar a incerteza de uma medição. Avaliação da Incerteza de Medição segundo EA-4/02 e GUM. Avaliação da Incerteza de Medições Diretas, Indiretas e as Grandezas Correlacionadas. Os ensaios de Intercomparação Laboratorial e os testes estatísticos de validação dos resultados.

4.4.5. Syllabus:

METROLOGY: The Role of Metrology these days and the importance of the International System of Units. Measure and the concept of standard and traceability. Concepts, definitions and the International Vocabulary of Metrology.

METROLOGY DEVELOPMENT: The roadmap of the Bureau International des Poids et Mesures for the implementation of primary standards and the current physical implementation of primary standards of length, mass, time, electric current, light intensity, temperature and mole, based on physical constants.

MEASUREMENT: The measurement error and its estimate. Calibration of measurement systems.

MEASUREMENT ASSESSMENT: The main steps for assessing the uncertainty of a measurement. Measurement Uncertainty Assessment according to EA-4/02 and GUM. Uncertainty Evaluation of Direct, Indirect Measurements and Correlated Quantities. Laboratory Intercomparison assays and statistical tests to validate the results.

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

Procura-se que os alunos adquiram conhecimentos de referência relativamente aos aspetos fundamentais da metrologia e das bases dos sistemas de medidas. Os alunos deverão saber tratar com rigor a manipulação dos dados e o processo da experimentação, de modo a garantir a rastreabilidade e a transversalidade dos seus resultados perante a comunidade científica e profissional.

O conhecimento rigoroso dos processos de definição e utilização dos padrões primários e de todas as grandezas derivadas é essencial para o suporte do seu trabalho como produtores ou utilizadores de dados científicos.

A estimativa da incerteza seguirá o método definido pelo BIPM na sua publicação GUM. O conhecimento do topo da cadeia de rastreabilidade do SI será adquirido através do revisitar de todos conceitos e técnicas da física que permitem ligar cada uma das unidades SI às constantes universais.

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

Students are expected to acquire reference knowledge on the fundamental aspects of metrology and the basis of measurement systems. Students should be able to deal rigorously with the manipulation of data and the process of experimentation, in order to ensure the traceability and transversality of their results in the scientific and professional community.

Rigorous knowledge of the processes for defining and using primary standards and all derived quantities is essential to supporting your work as producers or users of scientific data.

The uncertainty estimate will follow the method defined by BIPM in its GUM publication. Knowledge of the top of the SI traceability chain will be gained by revisiting all physics concepts and techniques that allow each SI unit to be linked to universal constants.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação de aspetos básicos da ciência da medição e introdução ao Sistema Internacional e ao BIPM. Definição de conceitos de metrologia e de procedimentos de análise de resultados de medições experimentais. Cálculo de incertezas de medições diretas, indiretas e correlação de grandezas.

TEÓRICO-PRÁTICA: Desenvolvimento de modelos numéricos, Análise de situações experimentais reais, com estimativa de parâmetros, cálculo de incertezas e respetivo relatório. Desenho de sistemas de metrologia através de engenharia inversa baseada no cálculo de incertezas.

AVALIAÇÃO: Relatórios e/ou apresentações de trabalhos teórico-práticos e realização de um teste.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of basic aspects of measurement science and introduction to the International System of units and the BIPM. Definition of metrology concepts and procedures for analyzing results of experimental measurements. Uncertainty calculation of direct, indirect measurements and correlation of quantities.

PROBLEM CLASSES: Development of numerical models, Analysis of real experimental situations, with parameter estimation, uncertainty calculation and respective report. Design of metrology systems through reverse engineering based on uncertainty calculation.

EVALUATION: Reports and / or presentations of theoretical and practical work and a test.

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

O conhecimento básico de todos os processos de produção de dados científicos e técnicos passa pelo ensinamento do conjunto estrito de regras aceites internacionalmente e que devem passar a ser uma ferramenta básica para qualquer profissional lidando com estes dados.

Neste contexto, procura-se nesta disciplina ilustrar todas estas técnicas com exemplos práticos, desde o processamento dos dados até à apresentação dos resultados e das respetivas incertezas.

Passará portanto desde a avaliação das equações fundamentais dos processos que se estão a medir até ao modo de funcionamento dos instrumentos que são utilizados para o efeito, avaliando os erros e as incertezas que se propagam através de todo o processo de medida.

O conhecimento da arquitetura do sistema internacional e dos processos de definição das várias unidades de medida estabelece uma referência de rigor na utilização das várias grandezas. A sua evolução histórica, os passos dados no sentido da unificação das grandezas fundamentais, a evolução no rigor e melhor conhecimento das incertezas associadas irá dar aos alunos as ferramentas essenciais para um trabalho rigoroso na sua vida profissional.

O contacto direto com utilizadores destes produtos irá permitir ao aluno tomar conhecimento de todo o processo que assegura a rastreabilidade e o rigor nos processos metrológicos.

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

Basic knowledge of all scientific and technical data production processes is taught by the strict set of internationally accepted rules that should become a basic tool for any professional dealing with this data.

In this context, the aim of this course is to illustrate all these techniques with practical examples, from data processing to the presentation of results and their uncertainties.

It will therefore go from assessing the fundamental equations of the processes being measured to the way in which the instruments used are used to assess the errors and uncertainties that propagate throughout the measurement process.

Knowledge of the architecture of the international system and the processes of definition of the various units of measurement establishes a rigorous reference in the use of the various quantities. Their historical evolution, the steps taken towards the unification of fundamental quantities, the evolution in rigor and a better knowledge of the associated uncertainties will give students the essential tools for rigorous work in their professional life.

Direct contact with users of these products will enable the student to learn about the entire process that ensures traceability and accuracy in metrological processes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- "Guide to the expression of uncertainty in measurement" (GUM) ISO|IEC Guide 98-3:2008
- Ignacio Lira, "Evaluating the Measurement Uncertainty Fundamentals and practical guidance", IoP, 2002
- "Measurement Uncertainty Analysis - Principles and Methods", NASA Measurement Quality Assurance Handbook ANNEX 3, ASA-HDBK-8739.19-3, July 2010
- "Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM)", 1ª Edição (IPQ) 2012
- Gupta S V, "Units of Measurement - Past, Present and Future. International System of Units", Springer, 2009

Mapa IV - Dissertação/Estágio em Engenharia Física**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Dissertação/Estágio em Engenharia Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Dissertation/Internship in Engineering Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Anual/Annual

4.4.1.4. Horas de trabalho:

1344

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT - 42

4.4.1.6. ECTS:

48

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):

Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde ; 42hOT

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

Vários docentes envolvidos (orientadores).

Several teachers involved (supervisors)

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

A – Permitir aos estudantes abordarem aprofundadamente um tema científico/tecnológico da sua escolha.

B – Integração de conhecimentos adquiridos ao longo da formação anterior.

C – Desenvolvimento da autonomia e responsabilidade na resolução de problemas de engenharia em articulação com necessidades de I&D ou dos processos industriais ou de serviço de empresas ou organizações parceiras.

D – Desenvolvimento de competências transversais através da elaboração de documentos científicos, de engenharia e/ou relatórios de investigação, bem como prática de apresentação e defesa oral de ideias e resultados.

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

A - Allow students to thoroughly address a scientific / technological theme of their choice.

B - Integration of knowledge acquired during previous training.

C - Development of autonomy and responsibility in solving engineering problems in conjunction with R&D needs or industrial or service processes of partner companies or organizations.

D - Development of transversal skills through the elaboration of scientific documents, engineering and / or research reports, as well as the practice of presentation and oral defence of ideas and results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Os conteúdos serão variados segundo o tema abordado e os modelos e/ou técnicas (teóricos, computacionais, experimentais) utilizados.

4.4.5. Syllabus:

Different contents will apply according to the theme and the models and / or techniques (theoretical, computational, experimental) used.

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

O leque de possíveis interesses e escolhas é vasto. As técnicas e metodologias utilizadas na realização da Dissertação/Estágio complementam a formação adquirida pelo estudante nas unidades curriculares que o antecedem.

Trabalho pessoal, sob supervisão, orientado para a resolução de problemas bem definidos.

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

The range of possible interests and choices is vast. The techniques and methodologies used during the Dissertation / Internship complement the training acquired by the student in the preceding course units.

Personal work, under supervision, addressing application-oriented problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular funciona com orientação individual do estudante por um supervisor. Quando este é externo ao Dep. Física, existe também um co-supervisor interno que assume institucionalmente a responsabilidade do trabalho realizado.

AValiação: Elaboração de uma dissertação ou relatório de estágio, de acordo com as regras institucionais, e sua defesa em provas públicas perante um júri constituído nos termos do Regulamento de Estudos de pós-graduação da FCUL.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course unit operates under individual student guidance by a supervisor. When this is external to the Physics Department, there is also an internal co-supervisor who institutionally assumes responsibility for the work performed.

EVALUATION: Preparation of a dissertation or internship report, according to institutional rules, and its defence in public exams before a jury constituted under the FCUL Postgraduate Studies Regulation.

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

O trabalho autónomo realizado pelo estudante com orientação de um supervisor permite-lhe desenvolver competências úteis para a vida profissional futura.

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

The individual work done by the student under the guidance of a supervisor enables him/her to develop useful skills for future working life.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Variada, dependente do tema, e será indicada pelo orientador.

Diverse, subject-dependent, and will be indicated by the advisor.

Mapa IV - Eletrónica Aplicada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletrónica Aplicada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Electronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:*Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

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

6

4.4.1.7. Observações:*Unidade curricular optativa***4.4.1.7. Observations:***Optional course unit***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Guiomar Gaspar de Andrade Evans ; 28hT + 28hPL***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Os objectivos principais desta unidade curricular são:*

- *Apresentar aos alunos metodologias e ferramentas aplicáveis nas diferentes fases do projecto de circuitos integrados analógicos e digitais.*
- *Estudar, a nível avançado, blocos electrónicos e algumas matérias importantes em sistemas electrónicos complexos, encontrados em áreas tais como as telecomunicações e sistemas áudio e vídeo.*

*Nesta unidade curricular pretende-se que os alunos adquiram competências no projeto, simulação e teste de circuitos e na sua integração em sistemas electrónicos complexos.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The main objectives of this course are:*

- *Present to students methodologies and tools applicable in the different phases of the design of analog and digital integrated circuits.*
- *Study advanced electronic blocks and some important subjects in complex electronic systems found in areas such as telecommunications and audio and video systems.*

*This course unit is intended for students to acquire skills in the design, simulation and testing of circuits and their integration in complex electronic systems.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Tecnologia de Circuitos Integrados*
2. *Blocos Transistorizados para Circuitos Integrados Analógicos*
3. *Circuitos Digitais Básicos com MOSFETs*
4. *Filtros Comutados*
5. *Reguladores e Fontes Lineares e Comutadas*
6. *Malhas de Captura de Fase (PLL's) e Aplicações*

4.4.5. Syllabus:

1. *Integrated Circuit Technology*
2. *Transistorized Blocks for Analog Integrated Circuits*
3. *Basic Digital Circuits with MOSFETs*
4. *Switched Filters*
5. *Linear and Switched Regulators and Sources*
6. *Phase Lock Loops (PLL's) and Applications*

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

Para atingir os objetivos estabelecidos, para além do estudo e projeto de circuitos constituintes dos sistemas electrónicos estudados, que são focados em praticamente todos os itens apresentados, dá-se ênfase à otimização e à sua integração em sistemas mais complexos.

Esta metodologia prepara os alunos para a execução, teste e otimização de circuitos integrados e de sistemas electrónicos complexos.

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

In order to achieve the established objectives, besides the study and design of the circuits that constitute the blocks of the studied electronic systems, which are focused on practically all presented items, emphasis is given to the optimization and its integration in more complex systems.

This methodology prepares students for the execution, testing and optimization of integrated circuits and complex electronic systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: De natureza expositiva.

PRÁTICA LABORATORIAL: Desenvolvimento de competências na análise, no projeto, na simulação e no teste de circuitos de aplicação dos conceitos apresentados nas aulas teóricas.

AValiação: Componente laboratorial (30%); exame final (70%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Of an expositive nature.

LABORATORY: Development of skills in the analysis, design and testing of electronic circuits.

EVALUATION: Laboratory classes (30%); final exam (70%).

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

Na componente teórica são apresentados e discutidos os circuitos, a sua otimização e desempenho, assim como a sua integração em sistemas mais complexos.

As aulas de laboratório permitem o desenvolvimento da componente prática, sendo implementados e testados ou simulados alguns dos circuitos enquadrados na matéria discutida na componente teórica.

A metodologia utilizada permitirá aos estudantes abordar os temas desenvolvidos na disciplina de uma forma integrada com vista a habilitá-los a tornarem-se autónomos em estudos futuros.

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

In the theoretical component are presented and discussed the circuits, their optimization and performance, as well as their integration into more complex systems.

Laboratory classes allow the development of the practical component, being implemented and tested or simulated some of the circuits framed in the subject discussed in the theoretical component.

The methodology used will allow students to approach the subjects developed in the course in an integrated way in order to enable them to become autonomous in future studies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Analysis and Design of Analog Integrated Circuits: Gray, Hurst, Lewis, Meyer 2001 Wiley;

- Analog Integrated Circuit Design: Johns, Martin 1997 Wiley;

- Microelectronic Circuits: Sedra, Smith 2004 Oxford University Press, 5th Ed;

- Slides das aulas teóricas: Guiomar Evans.

Mapa IV - Projeto em Eletrónica e Instrumentação**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Projeto em Eletrónica e Instrumentação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Project in Electronics and Instrumentation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 14 ; PL - 42

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit

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

Guiomar Gaspar de Andrade Evans ; 14hT + 42hPL

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

<sem resposta>

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

Estudo das tecnologias e metodologias relevantes para o projeto e integração de sistemas eletrónicos complexos. Nesta unidade curricular pretende-se que os alunos implementem um sistema de complexidade moderada com base numa das áreas propostas e que adquiram alguma autonomia no projeto, simulação e teste de circuitos. Este sistema deve de satisfazer os requisitos de engenharia obtidos a partir dos requisitos funcionais da aplicação em causa especificada pelo utilizador final.

A realização desta disciplina confere aos alunos competências para:

- Utilizar metodologias de especificação e desenvolvimento de sistemas a partir do conhecimento da função a desempenhar;*
- Avaliar a oferta de produtos existentes para idêntica função e introduzir elementos inovadores que permitam diferenciação da solução proposta.*

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

Study of relevant technologies and methodologies for the design and integration of complex electronic systems. In this curricular unit it is intended that students implement a system of moderate complexity based on one of the proposed areas and to acquire some autonomy in the design, simulation and testing of circuits. This system must meet the engineering requirements obtained from the functional requirements of the application concerned as specified by the end user.

Taking this course gives students skills to:

- Use system specification and development methodologies from the knowledge of the function to be performed;*
- Evaluate the offer of existing products for the same function and introduce innovative elements that allow differentiation of the proposed solution.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Projeto e implementação de um sistema, a selecionar no início da unidade curricular, enquadrado numa ou mais das seguintes áreas de trabalho:

1. *Circuitos Reconfiguráveis*
2. *Microcontroladores*
3. *Processamento e Condicionamento Analógico de Sinais*
4. *Interfaces e Protocolos de Comunicação entre Sistemas*
5. *Circuitos de Potência*

4.4.5. Syllabus:

Design and implementation of a system to be selected at the beginning of the course, within one or more of the following areas of work:

1. *Reconfigurable Circuits*
2. *Microcontrollers*
3. *Analog Signal Processing and Conditioning*
4. *Interfaces and Protocols of Communication between Systems*
5. *Power Circuits*

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

Para atingir os objetivos estabelecidos, para além do estudo de técnicas que podem ser utilizadas durante a execução do projeto, dá-se ênfase à identificação e especificação de requisitos do sistema a implementar e às metodologias de trabalho e de gestão de tarefas ao longo do projeto.

Esta metodologia permite que os alunos desenvolvam competências que facilitam a sua integração no mercado de trabalho.

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

In order to reach the established objectives, besides the study of techniques that can be used during the project execution, emphasis is given to the identification and specification of the system requirements to be implemented and the work and task management methodologies throughout the project.

This methodology allows students to develop skills that facilitate their integration into the labor market.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: De natureza expositiva.

PRÁTICA LABORATORIAL: Desenvolvimento de competências na análise, no projeto, na simulação e no teste de circuitos de aplicação dos conceitos apresentados nas aulas teóricas e sua aplicação na execução de um projeto.

AVALIAÇÃO: Execução de um projeto (80%); apresentação e discussão do projeto (20%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Of an expositive nature.

LABORATORY: Development of skills in the analysis, design and testing of electronic circuits and its application in the execution of a project.

EVALUATION: Execution of a project (80%); project presentation and discussion (20%).

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

Na componente teórica é apresentada informação relevante para as áreas supra mencionadas e informação geral sobre a implementação física de sistemas electrónicos, tais como, por exemplo, metodologias de desenvolvimento de circuitos impressos, mitigação de ruído e do sobreaquecimento.

As aulas de laboratório permitem o desenvolvimento de metodologias de trabalho e o apoio à execução de um projeto de um sistema eletrónico de complexidade moderada.

A natureza prática desta unidade curricular enquadra os estudantes num ambiente similar aos encontrados no mercado de trabalho e permite o desenvolvimento de competências no uso de ferramentas de projeto eletrónico industrial.

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

The theoretical component presents relevant information for the above mentioned areas and general information about the physical implementation of electronic systems, such as, for example, printed circuit board development, noise mitigation and overheating methodologies.

Laboratory classes allow the development of work methodologies and support for the execution of a project of a moderately complex electronic system.

The practical nature of this course fits students into an environment similar to those found in the job market and enables the development of skills in the use of industrial electronic design tools.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Vários, dependendo do(s) projeto(s) selecionados/.

Variable, depending on the selected project.

Mapa IV - Sensores e Sistemas Óticos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Sensores e Sistemas Óticos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Sensors and Optical Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; PL - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa.

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit.

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

Manuel Adler Sanchez de Abreu ; 28hT + 28hPL

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

<sem resposta>

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

- Os sensores como interfaces entre sistemas reais e sistemas electrónicos, compreendendo os fenómenos físicos da transdução das grandezas e a sua transformação ao longo da cadeia de processamento de sinal.

- O caso concreto dos sensores óticos, as suas aplicações e a sua integração nos mercados .

- *Modelação e avaliação do comportamento de um sensor óptico integrado num sistema. Métricas de optimização, controlo e decisão. Competência para seleccionar e integrar um sensor óptico num sistema.*
- *Áreas de desenvolvimento dos sensores ópticos quer a nível da tecnologia de transdução quer do ponto de vista das aplicações e mercados.*

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

- *Sensors as interfaces between real systems and electronic circuits. Relation between external specifications (determined by the application) and sensor subsystems, known the characteristics of the latter system, regardless of the technology used.*
- *Modelling and performance evaluation on an integrated sensor system. Metrics for control, optimization and decision. Competence to select and integrate a sensor in a system.*
- *Knowledge of future trends on optical sensor developments, of market applications, industrial and employment.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Características gerais de sensores e sua classificação por famílias, de acordo com vários critérios.*
- *Os vários tipo de sensores ópticos relativamente à sua resposta espectral.*
- *Modelos funcionais dos sensores ópticos. Sistemas de especificações. Materiais sensoriais. Fenómenos de conversão. Ruído. Figuras de mérito.*
- *Aplicações de sensores ópticos na medição de variadas grandezas físicas.*
- *Sistemas de condicionamento de sinal, aquisição e controlo. Integração de sensores.*
- *Novos desenvolvimentos de sensores ópticos, nomeadamente em guias de onda, plasmónica, materiais não lineares.*

4.4.5. Syllabus:

- *General characteristics of sensors and their classification by families, according to various criteria.*
- *Several types of optical sensor technologies according to their spectral response.*
- *Systems specifications. Sensor materials. Conversion phenomena. Noise. Merit functions.*
- *Applications of optical sensors for the measurement of specific physical variables.*
- *Signal conditioning, signal acquisition and control.*
- *New developments on optical sensors, future applications and markets.*

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

Os alunos deverão adquirir conhecimentos de referência nos aspectos fundamentais dos sensores ópticos, em particular:

- *Entender os processos físicos envolvidos e as principais características dos sensores ópticos*
- *Adquirir conhecimento dos vários tipos de sensores ópticos e das suas propriedades, assim como entender como estes são integrados nos sistemas de medida*
- *Adquirir conhecimento dos métodos de caracterização dos sensores ópticos e dos sistemas baseados em sensores destas tecnologias*
- *Ser capaz de avaliar a adequabilidade dos vários tipos de sensores ópticos como solução de um determinado problema.*
- *Conhecer as novas áreas de desenvolvimento e de aplicação dos sensores ópticos.*

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

Students are expected to acquire reference knowledge on the fundamental aspects of optical sensors, namely:

- *Appreciate the physics behind, and key properties of Optical sensors*
- *Acquire knowledge on the various types of sensors and their individual properties, and how they are integrated and used in sensing systems*
- *Understand the methods of characterisation of optical sensors and optical sensor based systems*
- *Be able to assess the suitability of different types of optical sensors for particular applications*
- *Trends and future developments on the field of optical sensors and applications.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação de aspectos básicos e sistemática

LABORATÓRIO: Desenvolvimento de um protótipo ou de um sistema sensor específico. Demonstração de diversos tipos de sensores.

AValiação: A avaliação será feita através de prova escrita (30%) baseada na discussão de um artigo técnico que descreva um sensor óptico e um processo físico de transdução. A componente de laboratório é também avaliada relativamente ao nível do trabalho desenvolvido (30%), à qual está associada uma apresentação oral sobre o sensor

que foi realizado pelos alunos (20%). No decorrer das aulas teóricas são feitos pequenos questionários com resposta escrita sobre temas associados à tecnologia dos sensores (20%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of the basic aspects and systematics

LABORATORY: Development of a prototype or of a sensor based in optical technologies. Demonstration of several types of sensors.

EVALUATION: There will be a written test based on the discussion of a technical paper based on a new sensor technology (30%) The lab and the work produced by the students on sensor development shall be also evaluated in terms of the thoroughness and complexity of their study (30%). All the students have to do an oral presentation on their case study (20%). Short quizzes shall be presented to the students during the theoretical lectures, the results weight 20% of the total score.

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

O conceito de sensor e de sensor óptico deve ser fundamentado na base dos processos físicos que estão envolvidos no processo de transdução. Na sua formação base, o aluno deve ter capacidade de articular os vários conhecimentos adquiridos e os sistemas de sensores abordam este processo multidisciplinar, que vai desde a análise do processo ou grandeza a medir, a sua transdução a vários níveis e processamento em cadeia até atingir a interface do utilizador.

O conhecimento do funcionamento do sensor óptico e das várias figuras de mérito que o caracterizam permitirá ao aluno avaliar a sua adequabilidade a um determinado problema de medição de uma grandeza e saberá avaliar a sua eficácia no processo de medida, assim como avaliar o impacto das suas limitações.

Além da transmissão de informação nas aulas teóricas que permitem ao aluno adquirir capacidade sustentada na avaliação de um sensor como solução de um determinado problema ou instrumento, pretende-se sobretudo que o aluno tenha uma perspectiva real da aplicação dos sensores nas várias aplicações e mercados. Experiências simples e orientadas por casos práticos de aplicação de sensores permitirão ao aluno ter uma aprendizagem “hands on”, onde poderão avaliar as principais características e limitações de algumas tecnologias de sensores.

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

The concept of sensors in general, and of optical sensors in particular, must be founded on a thorough knowledge of the physical principles behind the processes of transduction. The student must be able to articulate the several layers of knowledge and disciplines acquired during their course, in order to understand the foundation of a sensor system and its application an instrument. This will bring him from the definition of the measuring principle, define the best sensor technology and evaluation of the several layers of processing the information until reaching the user level.

The specific knowledge of the several aspects of a optical sensor, its characteristics and limitations, will allow the student to evaluate solutions to specific problems within a measurement concept.

The theoretical lectures will lead to a better assessment of an optical sensor as a solution in a particular application as well as to evaluate its impact in several applications and markets.

In order to support also a practical knowledge on the application of optical sensors, the student shall perform a series of hands-on activities in the lab, where he will be able to assess some of the main characteristics and limitations of some sensor technologies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Fraden J, *Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications* (3ª ed, Springer, 2004)
- Webster J G, *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook* (CRC, 1998)
- Pallaas-Areny, R, Webster J G , *Sensors and signal conditioning* (2nd ed Wiley 2001):
- Masoud Ghandehari; “*Optical Phenomenology and Applications - Smart Sensors, Measurement and Instrumentation*” ISBN 978-3-319-70714-3

Mapa IV - Aprendizagem Automática

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aprendizagem Automática

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine Learning

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEI**4.4.1.3. Duração:***Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 28 ; TP - 21***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Unidade curricular optativa.***4.4.1.7. Observations:***Optional course unit.***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Sara Alexandra Cordeiro Madeira ; 28hT + 21hTP***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 oferece formação nos fundamentos da aprendizagem automática.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The course offers training in the fundamentals of machine learning.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Fundamentos de aprendizagem automática;*
- 2. Aprendizagem de conceitos;*
- 3. Modelos em árvore: árvores de decisão;*
- 4. Modelos com regras: listas de regras, conjuntos de regras;*
- 5. Modelos lineares: regressão linear, perceção e backpropagation, introdução às support vector machines;*
- 6. Modelos baseados em distância: classificação com k-nearest neighbours, agrupamento com K-means;*
- 7. Modelos probabilísticos: naive Bayes;*
- 8. Tópicos adicionais: criação e seleção de atributos; aprendizagem em dados desbalanceados; ensembles; etc*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Fundamentals of machine learning;*
- 2. Concept learning;*
- 3. Tree models: decision trees;*
- 4. Models with rules: rule lists, rule sets;*
- 5. Linear models: linear regression, perception and backpropagation, introduction to support vector machines;*
- 6. Distance-based models: classification with k-nearest neighbors, grouping with K-means;*
- 7. Probabilistic models: naive Bayes;*
- 8. Additional topics: creation and selection of attributes; learning from unbalanced data; ensembles; etc*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*Os conteúdos apresentados nas aulas teóricas estão fortemente relacionados com os objetivos definidos para a unidade curricular.**As aulas teóricas seguem referências bibliográficas bem estabelecidas na comunidade científica e complementam-nas com o recurso a artigos científicos de referência.*

Garante-se que os alunos ficam preparados para se integrarem na investigação feita na área.

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

The contents presented in the lectures are strongly related to the objectives set for the course.

The lectures follow well-established bibliographical references in the scientific community and complement them with the use of reference scientific articles.

It is ensured that students are prepared to integrate into research done in the area.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas de exposição da matéria.

TEÓRICO-PRÁTICA: Aulas de resolução de exercícios e/ou laboratoriais.

AValiação: Avaliação contínua - projecto(s) + exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

THEORY: Exposure classes.

THEORETICAL-PRACTICE: Exercise and / or laboratory resolution classes.

EVALUATION: Continuous assessment - project (s) + exam.

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

As opções feitas ao nível da lecionação e avaliação adequam-se a unidades curriculares do 2º ciclo, privilegiando a iniciativa dos alunos, quer nas aulas quer nos projetos. As aulas teóricas apresentam os conceitos principais, sendo complementadas por aulas-teórico práticas e/ou prático-laboratoriais.

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

The choices made at the level of teaching and assessment are suitable for 2nd cycle curricular units, favoring the initiative of students, both in class and in projects. The theoretical classes present the main concepts, being complemented by practical and / or practical laboratory classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. P. Flach, "Machine Learning", CUP, 2012

2. C. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2006

3. T. Hastie et al., "The Elements of Statistical Learning", Springer, 2009

Mapa IV - Física da Matéria Mole

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física da Matéria Mole

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics of Soft Matter

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit

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

Margarida Maria Telo da Gama ; 14hT + 14hTP

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

Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo ; 14hT + 14hTP

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

Esta unidade curricular está focada na compreensão das propriedades de agregados macroscópicos de micropartículas. Estes componentes, à escala do micron, agregam-se em materiais com um comportamento por vezes inesperado. Muitos são utilizados na vida quotidiana e têm um número crescente de aplicações tecnológicas. Exemplos destes materiais incluem cristais líquidos, polímeros, colóides e matéria granular. As descrições teóricas atuais da matéria mole são baseadas nas ferramentas da mecânica estatística clássica de equilíbrio e de não-equilíbrio, na quebra espontânea de simetria e na física de muitos corpos.

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

This curricular unit is focused on understanding the properties of assemblies of micron-sized building blocks. These mesoscale constituents often self assemble into macroscale materials with unexpected behaviour. Many are used in everyday life and have an increasing number of technological applications. Examples of building blocks are liquid crystals, polymers, colloids and granular matter. Current theoretical descriptions of soft matter are based on the tools of classical equilibrium and nonequilibrium statistical mechanics, symmetry breaking and many body physics.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução*
- 2. Soluções de matéria mole*
- 3. Superfícies e surfactantes*
- 4. Cristais líquidos*
- 5. Movimento browniano, flutuações térmicas e partículas ativas*
- 6. Princípio variacional na matéria mole*
- 7. Difusão e permeabilidade*
- 8. Propriedades reológicas da matéria mole*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction*
- 2. Solutions of Soft Matter*
- 3. Surfaces and surfactants*
- 4. Liquid crystals*
- 5. Brownian motion, thermal fluctuations, and active particles*
- 6. Variational principle in Soft Matter*
- 7. Diffusion and permeability*
- 8. Rheological properties of Soft Matter*

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

Para atingir os objetivos, é necessário aprender o conceito de matéria mole e a matemática necessária para a descrever. Em particular é necessário aprender a modelar situações concretas. É fundamental aprender a identificar e usar aproximações ou limites apropriados e discutir a sua validade.

É necessário aprender a resolver os modelos descritos pelas equações apropriadas, quer analiticamente quer numericamente. É ainda importante comparar as soluções obtidas para diferentes modelos e/ou aproximações.

Finalmente, é necessário obter uma visão integrada da unidade curricular e adquirir as competências técnicas necessárias para as aplicar em contexto de novos problemas ou projetos.

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

To achieve the objectives, students have to learn the concept of soft matter and the mathematics needed to describe it. In particular, it is necessary to learn to model concrete systems. Learning to identify and use appropriate approaches and discussing their validity is critical.

It is required to learn to solve the models described by the appropriate equations, either analytically or numerically. It is also important to compare the solutions obtained for different models and / or approaches.

Finally, it is necessary to gain an integrated view of the course and acquire the necessary technical skills to apply them in the context of new problems or projects.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Discussão dos diferentes sistemas e técnicas. A participação dos alunos nas aulas é fortemente encorajada.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de problemas. A participação dos alunos nas aulas é fortemente encorajada.

AValiação: 50% exercícios das aulas teórico-práticas, 50% projeto final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Discussion of the different systems and techniques. Class participation is strongly encouraged.

PROBLEM CLASSES: Hands-on problem solving. Class participation is strongly encouraged.

EVALUATION: 50% exercises, 50% final project

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

Para atingir os objetivos estabelecidos, é feita uma abordagem rigorosa mas focada em problemas concretos. Os problemas abrangem um número significativo de aplicações em áreas distintas da Física e da Engenharia. A aprendizagem individual é incentivada através da avaliação contínua.

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

To achieve the stated objectives, a rigorous but focused approach is taken. The problems cover a significant number of applications in different areas of physics and engineering. Individual learning is encouraged through continuous assessment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Soft Matter Physics: Masao Doi 2013 Masao Doi, Soft Matter Physics, Oxford University Press, 2013

- Soft Condensed Matter: R. A. L. Jones 2002 R. A. L. Jones, Soft Condensed Matter, (Oxford Master Series in Physics) 2002.

Mapa IV - Optoeletrónica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Optoeletrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Optoelectronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; TP - 14 ; PL - 14

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit

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

José Maria Longras Figueiredo ; 28hT + 14hTP + 14hPL

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):**

Proporcionar formação em optoeletrónica e fotónica, abordando os conceitos fundamentais para compreensão dos princípios de funcionamento de dispositivos e de operação de circuitos e de sistemas optoelectrónicos e fotónicos, incluindo noções básicas de desenho de dispositivos, de circuitos e sistemas, e ainda a análise das principais aplicações da optoelectrónica e da fotónica.

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

The course addresses the fundamental concepts and the basic principles of operation of the optoelectronic devices and circuits and the associated technologies, the trends of optoelectronic and photonic integrated circuits and systems, including aspects of the design of optoelectronic circuits and systems, together with the analysis of the main applications of optoelectronics and photonics.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à optoelectrónica e à fotónica*
- 2. Revisões de conceitos de eletromagnetismo e de ótica*
- 3. Guias de onda dieléctricos e fibras óticas*
- 4. Díodos emissores de luz e díodos lasers*
- 5. Amplificadores óticos e aplicações*
- 6. Fotodetetores e aplicações*
- 7. Moduladores, multiplexadores e filtros óticos*
- 8. Sistemas fotónicos e optoelectrónicos*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to optoelectronics and photonics*
- 2. Optics and electromagnetic theory review*
- 3. Dielectric waveguides and optical fibers*
- 4. Light emitting diodes and laser diodes*
- 5. Optical amplifiers and applications*
- 6. Photodetectors and applications*
- 7. Modulators, multiplexers and optical filters*
- 8. Photonic and optoelectronic systems*

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

Os objetivos são atingidos c/ a discussão dos fenómenos físicos e propriedades dos materiais relevantes p/ a optoelectrónica (OE), o estudo sistemático dos princípios de funcionamento dos dispositivos e circuitos, do seu

desempenho, centrando a análise nas funcionalidades e aplicações mais relevantes, e ainda através da familiarização com os dispositivos, as ferramentas e equipamentos de caracterização. A análise numérica e computacional dos modelos físico-matemáticos usados p/ descrever as funcionalidades dos dispositivos contribuirá p/ uma melhor apreensão dos temas abordados. O recurso a simuladores e a software de desenho de circuitos, apoiados no estudo das tecnologias usadas no fabrico de dispositivos e circuitos OE reforçará a formação dos alunos nesta vertente da tecnologia. Será estimulada a consulta de literatura produzida pela comunidade científica e indústria, particularmente a que respeita a novos dispositivos/circuitos, novas descobertas, aplicações e funcionalidades.

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

Objectives are achieved by discussing the physical phenomena and material properties relevant to optoelectronics (OE), a systematic study of the devices operation principles and circuits/systems and their performance, focusing the analysis on relevant functionalities and applications. Familiarization with practical devices and characterization tools and equipment, will also contribute for reaching the course goals. In addition, the numerical and computational analysis of the physical-mathematical models used to describe the devices functionalities will also contribute to a better understanding of the topics addressed. The use of simulators and circuit design software, supported by the study of the technologies used in the manufacture of OE devices, will enhance students' training skills in this technology. Access to the literature produced by the scientific community and industry will be encouraged, particularly the one addressing new findings, new devices, applications and features

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Estudo dos conteúdos programáticos e análise de tópicos e desenvolvimentos tecnológicos contemporâneos.

TEÓRICO-PRÁTICA: Atividades dedicadas à resolução de exercícios e problemas de aplicação, e à discussão qualitativa e quantitativa dos modelos de representação de componentes e circuitos. Sempre que oportuno são usadas ferramentas de simulação.

PRÁTICA LABORATORIAL: Realização de sessões de caracterização de dispositivos e sistemas optoelectrónicos. Compreende sessões de trabalho autónomo e de atividade em sala de aula. Participação em seminários e acompanhamento das atividades de investigação.

AVALIAÇÃO:

O método de avaliação considera a apreciação da participação do aluno nas aulas (avaliação contínua), incluindo a resolução de exercícios e de problemas, a realização de atividades de natureza experimental e/ou simulação computacional e/ou o estudo de tópicos avançados com a elaboração de relatórios e discussão/apresentação oral, e a realização de testes e exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The course programmatic content is presented, and advanced topics and contemporaneous technological developments are analyzed.

PROBLEM CLASSES: solving exercises and learn how to treat practical problems, emphasizing on the qualitative and quantitative analysis of models used for representation of components/circuits, with strong use of simulation tools.

LABORATORY CLASSES: characterization of devices and OE systems, realization of simulation/modelling tasks. These sessions comprise a significant degree of autonomous work. Participation in seminars and follow-up of research activities will be encouraged.

EVALUATION: comprises the appreciation of student performance in class (continuous assessment), including problem solving and exercises, experimental activities and / or computer simulations; the study of advanced topics or the realization of more advanced/detailed experiments/simulations with writing of a report and oral presentation; and written tests and / or exam.

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

Os conceitos são apresentados e discutidos partindo de aplicações práticas, sendo analisados com maior detalhe os aspetos mais relevantes para as funcionalidades/aplicações em consideração, garantindo que o aluno, em cada fase da discussão, tem oportunidade de compreender, qualitativa e quantitativamente, os fenómenos e as funcionalidades em consideração. A discussão inclui descrição das etapas metodologias próprias das técnicas de análise, o estudo do princípio de operação dos componentes, as funcionalidade e aplicabilidade dos dispositivos e sistemas em consideração.

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos programáticos, e discutidos os princípios de funcionamento bem como as principais aplicações dos dispositivos e circuitos.

Nas sessões teórico-práticas são analisados exercícios/problemas tipo que ajudam a consolidar a aprendizagem dos conceitos, a compreensão dos princípios de funcionamento e análise da aplicabilidade: Nestas sessões promove-se a análise crítica da aplicabilidade dos modelos usados na representação dos componentes e dos sistemas.

Nas atividades da prática laboratorial é proposta caracterização de dispositivos e sistemas optoelectrónicos simples, permitindo ao aluno apreender as principais técnicas de caracterização e análise de dispositivos e sistemas optoelectrónicos. Em cada sessão laboratorial orientada serão disponibilizados materiais que permitem ao aluno

realizar e compreender as diferentes fases do processo de caracterização. O trabalho autónomo é fortemente estimulado, que pode incluir o dimensionamento, a análise analítica e/ou a simulação do funcionamento de novos dispositivos ou circuitos optoelectrónicos. O emprego de ferramentas de simulação e teste é fortemente estimulado.

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

The programmatic concepts are presented and discussed starting from an application point of view, with emphasis on the more relevant aspects towards the functionalities / applications under consideration, ensuring that the student, in each phase of the discussion, has the opportunity to understand, qualitatively and quantitatively, the phenomena and how the functionalities under consideration can be achieved. The discussion includes the different aspects of the methodological steps of the analysis techniques, the study of the principle of operation of the components and systems, their functionality and applicability.

In the theoretical sessions the content of the syllabus studied, and the principles of operation as well as the main applications of devices and circuits analyzed.

Theoretical-practical sessions are dedicated mostly to solve exercises and practical problems that help to consolidate the learning of concepts, understanding the principles of operation and the analysis of their applicability. In all sessions we promote the critical analysis of the applicability of the models used in the representation of components and systems.

The laboratory practice includes the characterization of simple optoelectronic devices and systems, allowing the student to grasp the main techniques of characterization and analysis of optoelectronic devices and systems. In each oriented laboratory session, the students will get bibliographic materials that allows to perform and understand the different stages of the characterization process. Autonomous work is strongly encouraged, which may include designing, analytical analysis and / or simulation of the operation of new optoelectronic devices or circuits.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Electronic, Magnetic, and Optical Materials (Advanced Materials and Technologies) 2nd Edition, CRC Press; 2nd edition (2016)*
- *Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, S.O. Kasap, International Edition (2e) Pearson Education, 2013.*
- *Physics of Photonic Devices, Shun Lien Chuang, John Wiley & Sons, Inc., 2009*
- *Fundamentals of photonics, Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Wiley Series in Pure and Applied Optics, 2019.*
- *Electronics and Optoelectronics properties of Semiconductor Structures, J singh, Cambridge University Press, 2003*
- *Computational Photonics: An Introduction with MATLAB, Marek S. Wartak, Cambridge University Press, 2013.*
- *Photonics Essentials: An Introduction with Experiments, T. A. Pearsall, McGrawHill, 2003.*

Mapa IV - Técnicas em Física de Partículas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas em Física de Partículas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Particle Physics Technics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit

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

Luís Filipe dos Santos Garcia Peralta ; 28hT

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

Daniel Galaviz Redondo ; 28hTP

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

Pretende-se nesta unidade curricular que os estudantes adquirem as seguintes competências e conhecimentos:

- 1. Conhecimento aprofundado sobre os processos de interação da radiação ionizante com a matéria;*
- 2. Aplicação do conhecimentos adquiridos no ponto anterior aos processos físicos envolvidos no funcionamento de vários tipos de detetores de partículas;*
- 3. Abordagem dos conceitos e técnicas envolvidos em experiências atuais de física de partículas em vários contextos;*
- 4. Aquisição de técnicas modernas utilizadas na simulação e na análise de dados experimentais.*

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

It is intended in this course that students acquire the following skills and knowledge:

- 1. Deeper knowledge about the processes of interaction of ionizing radiation with matter;*
- 2. Application of the knowledge gained in the preceding topic to the physical processes involved in the operation of various types of particle detectors;*
- 3. Discussion of concepts and techniques involved in current particle physics experiments in various contexts;*
- 4. Acquisition of modern techniques used in simulation and analysis of experimental data.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à Física Experimental de Altas Energias*
- 2. Tópicos avançados sobre interação da radiação com a matéria*
- 3. Física de detetores de radiação*
- 4. Experiências de Física de Partículas*
- 5. Técnicas de simulação Monte Carlo aplicadas a detetores*
- 6. Seleção de eventos em tempo real*
- 7. Técnicas de reconstrução de eventos*
- 8. Análise estatística de dados*
- 9. Aprendizagem automática em Física de Partículas*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to High Energy Experimental Physics*
- 2. Advanced topics on interaction of radiation with matter*
- 3. Physics of radiation detectors*
- 4. Particle Physics Experiments*
- 5. Monte Carlo Simulation Techniques Applied to Detectors*
- 6. Real Time Event Selection*
- 7. Event Reconstruction Techniques*
- 8. Statistical analysis of data*
- 9. Automatic Learning in Particle Physics*

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

Esta UC foca os aspetos mais relevantes da Física e Tecnologia associada à construção e operação de detetores de radiações ionizantes em Física de Altas Energias, bem como da análise dos dados adquiridos. É esperado que os estudantes possuam os conhecimentos básicos sobre a interação da radiação com a matéria, pelo que nesta UC pretende-se avançar no aprofundamento desses conhecimentos. Os conhecimentos adquiridos são então aplicados à descrição do funcionamento dos modernos detetores existentes nas experiências de Física de Partículas. A simulação por métodos de Monte Carlo é um aspeto fundamental na tecnologia de desenvolvimento dos detetores modernos pelo que é indispensável a abordagem deste tópico. Após a aquisição de dados por parte dos detetores segue-se a fase de análise e tratamento dos mesmos. As modernas técnicas usadas nas experiências contemporâneas serão assim abordadas.

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

This course focuses on the most relevant aspects of Physics and Technology associated with the construction and operation of ionizing radiation detectors in High Energy Physics, as well as the analysis of acquired data. It is expected that students have the basic knowledge about the interaction of radiation with matter, so this course intends to advance in deepening this knowledge. The acquired knowledge is then applied to the description of the operation of modern detectors used in particle physics experiments. Monte Carlo simulation is a key aspect in modern detector

development technology, so addressing this topic is indispensable. Following the acquisition of data by the detectors one has the analysis and processing phase. The modern techniques used in contemporary experiments will thus be addressed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição dos conteúdos e discussão aprofundada com os estudantes.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de problemas numéricos. Implementação de um modelo simplificado de detetor de radiação num programa de simulação Monte Carlo. Análise qualitativa e quantitativa de dados reais de uma experiência de Física de Partículas.

AVALIAÇÃO: A avaliação é baseada em três componentes: o desenvolvimento de um projecto, com apresentação de um relatório escrito focando partes específicas da matéria leccionada (40%); revisão e apresentação de um artigo científico na área da física experimental de partículas (10%); teste escrito (50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of contents and discussion with students.

PROBLEM CLASSES: Numerical problem solving. Implementation of a simplified radiation detector model in a Monte Carlo simulation program. Qualitative and quantitative analysis of real data from a particle physics experiment.

EVALUATION: The evaluation is based on three components: the development of a project, with a written report focusing on specific parts of the course program (40%); review and presentation of a scientific article in the area of experimental particle physics (10%); written test (50%).

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

Nas aulas teóricas deste curso são apresentados os conceitos que serão trabalhados e aplicados a casos concretos nas aulas teórico-práticas. Nas aulas teórico-práticas serão então ganhas competências na utilização de programas de Monte Carlo para a simulação de detetores, como o GEANT4 ou programas baseado no GEANT4. Nesta fase os estudantes irão implementar uma versão simplificada de detetor e explorar o comportamento do prototipo de detetor. Para a análise de dados serão usados pacotes atuais como o ROOT.

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

In the theoretical classes of this course the concepts that will be applied to real cases in the problem classes are presented and discussed with the students. Thus, in the problem classes, skills will be gained in using Monte Carlo programs to simulate detectors such as GEANT4 or GEANT4 based programs. At this stage students will implement a simplified detector version and explore the behavior of the detector prototype. For data analysis current packages such as ROOT will be used.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Stefaan Tavernier, *Experimental Techniques in Nuclear and Particle Physics*, Springer
- William R. Leo, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments - A How-to Approach*, Springer Verlag
- Glen Cowan, *Statistical Data Analysis*, Oxford University Press.
- John Lilley "Nuclear Physics Principle and Applications"

Mapa IV - Laboratório de Materiais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratório de Materiais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Materials Laboratory

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

*Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 14 ; PL - 42

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:*Unidade curricular optativa***4.4.1.7. Observations:***Optional course unit***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Mário Manuel Silveira Rodrigues; 14h. T + 42h. PL***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):

Treinar os alunos na utilização de várias técnicas experimentais comumente utilizadas na caracterização de materiais, do ponto de vista das suas propriedades electrónicas assim como na utilização dos equipamentos que lhe estão associados. Introduzir os conceitos físicos subjacentes às diferentes técnicas. Consolidar conhecimentos sobre propriedades físicas de materiais condutores, semicondutores e magnéticos, introduzidos em unidades curriculares anteriores numa perspectiva mais teórica. Dotar os alunos duma visão ampla e realista dos processos e etapas associados à caracterização destes materiais dando-lhes uma perspectiva clara do potencial específico de cada uma das técnicas experimentais utilizadas.

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

To train students on the utilization of several experimental techniques routinely used to characterize materials, from the point of view of their electronic properties as well as on the use of the equipment that is required for such experimental characterization. To introduce the physical concepts behind the different techniques. To consolidate student's knowledge on the physical properties of conductors, semiconductors and magnetic materials. Provide students with a broad and realistic perspective of the different stages and processes associated with the characterization of this type of materials providing a clear picture of the specific potential of each experimental technique.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Caracterização das propriedades físicas de materiais em função da sua natureza, dos projectos a decorrer e dos equipamentos disponíveis nas unidades de investigação associadas ao departamento de física.

Utilização das seguintes técnicas experimentais:

- 1- microscopia de força atómica (AFM) e técnicas relacionadas;*
- 2- magnetometria SQUID;*
- 3- susceptibilidade magnética AC e DC;*
- 4- resistividade eléctrica;*
- 5- efeito Kerr magneto-ótico (MOKE);*
- 6- efeito de Hall;*

4.4.5. Syllabus:

Physical characterization of materials depending on their nature, running projects and the available equipment at the research units associated with the physics department.

The following experimental characterization techniques will be used:

- 1- atomic force microscopy (AFM) and/or related techniques*
- 2- SQUID magnetometry*
- 3- AC and DC Magnetic susceptibility*
- 4- AC and DC electric resistivity*

5- *Magneto-optic Kerr effect (MOKE)*

6- *Hall effect*

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

Esta UC tem como objectivo familiarizar e treinar os estudantes na utilização de técnicas de alta resolução, utilizadas na caracterização de materiais condutores, semicondutores e magnéticos, disponíveis nas unidades de investigação associadas ao Dep. Física.

Excluem-se outras técnicas relevantes, introduzidas noutras UCs, como a difracção de raios X.

Qualquer das técnicas aqui tratadas é relevante do ponto de vista da sua aplicação em processos de caracterização de materiais, utilização em aplicações tecnológicas e dispositivos e ainda pelo seu forte carácter didático.

Além dos conceitos associados às grandezas físicas a medir serão abordadas questões relativas aos métodos e ferramentas experimentais utilizados, comuns em investigação como, por ex., o amplificador lock-in.

Esta UC assenta nos conhecimentos teóricos adquiridos em disciplinas anteriores o que permite a consolidação desses conhecimentos, dando espaço a que questões do foro experimental possam ser abordadas e exploradas

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

The goal of this curricular unit (CU) is to familiarize and train students on the utilization of high resolution techniques, routinely used to characterize conductors, semiconductors and magnetic materials, which are available at the research units associated with the Physics Dept. Other relevant techniques such as XRD are excluded since they were already introduced in other course units.

All of the techniques explored in this CU are relevant from the points of view of their application in materials characterization, technology and device applications, and also because of their didactic character.

Besides the concepts behind the measured physical variables, we will emphasize issues related to experimental methods and tools, many of which are used in research, e.g. the lock-in amplifier.

This curricular unit uses the theoretical background acquired previously, which allows its consolidation and gives the opportunity and space to put forward and discuss the experimental aspects.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICAS: Aulas teóricas de exposição sobre os conceitos físicos inerentes, os métodos experimentais e as ferramentas a utilizar.

LABORATÓRIO: Desenvolvimento de projectos em laboratório compreendendo várias das técnicas mencionadas anteriormente em função do tipo de material a estudar.

AVALIAÇÃO: A avaliação é contínua com base no desempenho nas aulas laboratoriais e consistência do caderno de laboratório (20%); relatório sobre o desenho e desenvolvimento do projecto e discussão respectiva (50%); apresentação oral com discussão (30%). Todos os relatórios serão discutidos pelo professor em detalhe com todos os alunos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Theoretical lectures about the physical concepts, the experimental methods and the required experimental tools.

LABORATORY: Development of experimental laboratory projects encompassing several of the aforementioned techniques as designed by the students as a function of the materials to be studied.

EVALUATION: The evaluation is continuous based on the student's performance at the laboratory, consistency of the logbook (20%), report on the project design and discussion (50%) and oral project presentation and discussion (30%). The teacher will discuss all reports in detail with all students.

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

As aulas teóricas tem ênfase nos conceitos físicos na perspectiva do engenheiro físico, de forma a permitir passar aos alunos informação suficiente para poderem adoptar uma postura independente e confiante de forma a que possam conceber o(s) seu(s) projecto(s) experimental(tais) o mais autonomamente possível. Para além disso, as aulas teóricas permitem libertar tempo no laboratório para que este seja despendido essencialmente com a atividade laboratorial em questão, dando oportunidade aos alunos de realizarem a experiência com o cuidado expectável de alunos de mestrado assim como tempo suficiente para a realização adequada de um bom caderno de laboratório com vista a facilitar a compreensão dos mecanismos experimentais assim como a redacção do relatório e preparação da exposição oral.

No seu conjunto, todas as experiências desenvolvidas no projecto serão abordadas num relatório que será discutido com a turma de forma a elencar erros e/ou más práticas comuns e fomentar a discussão crítica sobre os trabalhos. Os relatórios tem limite de páginas e figuras com o objectivo de treinar a capacidade de síntese, devendo ser rigoroso tanto na forma como no conteúdo.

A discussão dos relatórios precede as exposições orais dando oportunidade aos alunos de mostrarem que são capazes de corrigir eventuais erros e certificando que o conhecimento final é tão correcto quanto possível. A apresentação oral será discutida através de questões de avaliação. Questões por parte dos alunos serão também fortemente encorajadas.

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

The theoretical classes emphasize the physical concepts from the perspective of the physical engineer, aiming at passing sufficient information so as to provide students with knowledge enough to adopt an independent and confident posture, allowing them to design their project(s) as autonomously as possible. Moreover, the theoretical classes will allow students to spend more time at the laboratory focusing on the experimental matters, giving them the opportunity to carefully conduct their experiments as well as to properly write down their notes, as expected from a master student, and in order to facilitate their understanding of the experimental mechanisms, writing the report and prepare their oral presentation.

All experiments conducted along the project will be presented at the report. The report, in turn, will be discussed with all the class aiming at bringing forward common errors and/or bad practices and foster critical discussion about the experimental work. The reports have page and figure limit forcing student to train their synthesis skills and should be rigorous both in style and contents.

The report's discussion precedes the oral expositions giving students the opportunity to show they are able to correct mistakes, and making sure that at the end their knowledge is as correct as possible. The oral presentation includes a discussion with evaluation questions. Questions by other students are welcome.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Manuais dos equipamentos, livros sobre as técnicas e princípios físicos, artigos.

Mapa IV - Navegação e Segmentos Solo**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Navegação e Segmentos Solo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Navigation and Ground Segments

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ETFIS

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 28 ; TP - 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

Unidade curricular optativa

4.4.1.7. Observations:

Optional course unit

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

Elena Nikolaevna Koroleva Duarte ; 28hT + 28hTP

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 – Conhecer, no contexto de algumas missões espaciais, a relevância das funções de orientação, navegação e controlo para os objectivos da missão e a viabilização das aplicações a ela associadas.

B – Entender a complexa distribuição de funcionalidades entre os segmentos espaço e solo, bem como os constrangimentos decorrentes do link disponível.

C – Identificar as tecnologias e tendências mais relevantes no domínio dos segmentos solo das diversas missões, bem como a respectivas interfaces entre sistemas ou com utilizadores.

D – Beneficiar da experiência acumulada, nos últimos 20 anos, em diversas missões e programas da ESA e do ESO.

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

A - To recognize, in the context of space missions, the role of the subsystems of navigation attitude and control to accomplish mission objectives and to make possible the target applications.

B – To understand the complex distribution of functionalities between the space and ground segments of a mission, as well as the constraints arising from the available link.

C – To identify the most relevant technologies and trends in the field of ground segments of several missions, as well as their interfaces between systems or with users.

D – To take advantage from the experience gained over the past 20 years in various missions and programs of ESA and ESO.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1 – NAVEGAÇÃO

1.1 – Dinâmica espacial, órbitas

1.2 – Movimento do corpo rígido, ângulos de Euler, Quaterniões.

1.3 – Sistemas de referência utilizados nos contextos espacial e de A&A

1.4 – Sistemas e tecnologias para determinação da órbita e da atitude (AODCS)

1.5 – Sistemas de Posicionamento Global (GPS, GNSS); exemplos

2 – SEGMENTOS SOLO

2.1 – Arquitectura, funções e tecnologias dos segmentos solo; exemplos

2.2 – Análise de dados telemétricos usando técnicas e ferramentas "Data Mining"; exemplos

2.3 – Aprendizagem automática em tecnologias aeroespaciais.

4.4.5. Syllabus:

1 – NAVIGATION

1.1 – Orbital Dynamics, orbits

1.2 – Rigid body dynamics, Euler angles, Quaternions

1.3 – Reference systems used in space and A&A contexts

1.4 – Systems and technologies for orbit and attitude determination (AODCS)

1.5 – Global Positioning Systems (GPS, GNSS); examples.

2 – GROUND SEGMENTS

2.1 – Architecture, functions and technologies of ground segments; examples.

2.2 – Satellite Telemetry Data Analysis Using Data Mining Techniques and Tools; examples.

2.3 – Machine learning in aerospace technologies.

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

Os constrangimentos e tradeoffs que determinam a viabilidade de uma missão espacial e que decorrem da forma como os instrumentos e a plataforma são conduzidos - seja no espaço, seja nas infraestruturas terrestres - são inúmeros, tratando-se de um tema difícil de abarcar nas suas múltiplas vertentes. Todas partilham a necessidade de conhecer rigorosamente a posição e atitude da plataforma, a posição e orientação da carga útil e respectivas dinâmicas, que podem alterar a geometria de observação e perturbar a calibração geométrica e resolução.

A partição de tarefas desta natureza com o segmento solo é real, nalguns casos, em função de outro conjunto de condicionantes. Por outro lado, os segmentos solos são cada vez mais estruturas inteligentes que beneficiam de novos standards, de IA e do envolvimento de cada vez mais utilizadores não informáticos, para os quais é necessário configurar interfaces adequadas - área em que a academia e a indústria portuguesa têm ganho bastante experiência

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

The constraints and tradeoffs that determine the viability of a space mission stemming from the way instruments and the platform are conducted - whether in space or on terrestrial infrastructures - are numerous, a subject difficult to embrace in their multiple strands. All share the need to know precisely the position and attitude of the platform, the position and orientation of the payload and their dynamics, which can alter the observation geometry and disrupt geometric calibration and resolution.

The division of tasks of this nature with the solo segment is real, in some cases, due to another set of constraints. On the other hand, ground segments are increasingly intelligent structures that benefit from new standards, AI and the

involvement of more users which are not computer experts, for whom it is necessary to configure appropriate interfaces - an area in which academia and the Portuguese industry. have gained a lot of experience.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Seminários expositivos

TEÓRICO-PRÁTICA: Desenvolvimento ou utilização de simuladores para diversas funcionalidades dos sistemas AODCS. Construção de balanços de incerteza.

AVALIAÇÃO:

2 monografias defendidas publicamente, uma sobre matérias relativas a navegação, a outra relativa a segmentos solo (50%).

Desenvolvimento de um simulador para uma dada aplicação incluindo a construção do respectivo balanço de incertezas (50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

THEORETICAL

Expository Seminars

PROBLEM CLASSES: Development or use of simulators for various functionalities of AODCS systems. Uncertainty budgets.

ASSESSMENT:

2 publicly defended monographs, one on navigation matters, the other on ground segments (50%).

Development of a simulator for a given application including the respective uncertainty budget (50%).

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

Esta unidade curricular tem como objetivo de aprendizagem e aquisição de conhecimentos na área da navegação de satélites e naves espaciais, com especial incidência nos sistemas de orientação. O sucesso da missão depende do processamento correcto e rápido de informação no segmento de solo.

O curso pretende disponibilizar conhecimento em métodos modernos de interpretação e processamento de dados.

O programa está estruturado por ordem crescente de complexidade de sistemas, ilustrado com vários exemplos.

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

This course aims to acquire knowledge in the area of satellite and spacecraft navigation, with special focus on attitude systems. The success of the mission depends on the correct and fast processing of information on the ground segment.

Moreover, knowledge on modern methods of interpretation and data processing should be obtained.

The program is structured in increasing order of system complexity, illustrated with several examples.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Space mission analysis and design, W. Larson and J. Wertz, Kluwer Academic Publishers, 1992

2. Quaternions and rotation sequences: a primer with applications to orbits, aerospace, and virtual reality Jack B Kuipers, Princeton University Press, 1999

3. Satellite Navigation Systems: Policy, Commercial and Technical Interaction (Space Studies), M. J. Rycroft (auth.), M. Rycroft (eds.), Springer Netherlands, 2003

4. Space Vehicle Dynamics and Control, Bong Wie, AIAA, 1998

5. Telemetry Data Mining with SVM for Satellite Monitoring, Yosuke Fukushima, 2011

6. Machine Learning and Data Mining in Aerospace Technology, Aboul Ella Hassanien, Ashraf Darwish, Hesham El-Askary, Springer International Publishing, 2020

4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:

A FCUL adota os procedimentos adequados para assegurar que o ensino é ministrado de modo a favorecer um papel ativo do estudante na criação do processo ensino/aprendizagem, bem como processos de avaliação consonantes com essa abordagem.

No que respeita ao papel ativo dos estudantes, os estatutos da FCUL preveem a existência de Comissões Pedagógicas para cada curso, formadas pelo Coordenador/Comissão de Coordenação e por estudantes, um por ano curricular. Estas Comissões promovem a ligação entre alunos e docentes, diagnosticam problemas e dificuldades relacionadas com o ensino/aprendizagem e diligenciam a sua resolução.

No que respeita à avaliação, o Conselho Pedagógico aprovou o Reg. da Avaliação de Conhecimentos (Del.nº2284/2013) que elenca os tipos de aulas e de avaliação, os regimes de frequência, os procedimentos a adotar em caso de recurso, garantindo que a avaliação dos alunos é efetuada de acordo com critérios, normas e procedimentos previamente definidos e publicitados.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

FCUL adopts appropriate procedures to ensure that teaching is delivered in a way that favors an active role of students in the creation of the teaching/learning process, as well as evaluation processes consistent with this approach.

As regards the active role of students, FCUL's statutes provide the existence of Pedagogical Commissions for each course, formed by the Coordinator/Coordination Commission and by students, one per curricular year. These Committees promote the link between students and teachers, diagnose problems and difficulties related to teaching/learning, and work towards their resolution.

Regarding the evaluation, the Pedagogical Council approved the Reg. da Avaliação de Conhecimentos (Del.nº2284 / 2013) which lists the types of classes and evaluation, the frequency regimes, the procedures to be adopted in case of appeal, ensuring that the evaluation of the students is carried out according to previously defined and publicized criteria, norms and procedures.

4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

A organização dos cursos por ciclos é semestral, correspondendo cada semestre a 30 ECTS e 1 ano a 60 ECTS. Por decisão do Senado da ULisboa, 1 ECTS corresponde a 28h de trabalho de um estudante. Pressupõe-se assim que 1 ano de trabalho corresponde a 1680h.

Anualmente ocorrem vários processos de validação e inquéritos que facilitam a identificação de casos de excesso ou deficiência em relação ao esforço esperado de cada disciplina do plano de estudos. Este assunto é também discutido e cuidadosamente pensado no âmbito do processo de autoavaliação, designadamente quando se propõem mudanças na estrutura curricular e no plano de estudos.

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

The program is organized in semesters, each corresponding to 30 ECTS. An academic year is composed by 60 ECTS. By decision of the Senate of the ULisboa, 1 ECTS is by definition equivalent to 28h of work of a student. It is assumed that a year's work corresponds to 1680 h.

Several annually validation processes occur that facilitate the identification of problematic cases of excess or deficiency on the effort expected from each course curriculum. This subject is also discussed and carefully thought in the context of every self-assessment process, especially when structural changes are proposed in the curriculum.

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:

Embora os formatos da avaliação sejam uma decisão dos professores responsáveis pelas unidades curriculares, o coordenador do ciclo de estudos monitoriza os formatos de avaliação escolhidos e verifica a sua adequação. São promovidos contactos frequentes entre o coordenador e os responsáveis das unidades curriculares para garantir que esta adequação existe.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

Although the decision about the assessment schemes is made by the professors responsible for each course unit, the coordinator of the cycle of study monitors the chosen schemes and checks their suitability. Frequent contacts are made between the coordinator and the professors responsible for each course unit in order to guarantee that such suitability exists.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

A atividade experimental está fortemente presente neste CE, desenvolvendo-se maioritariamente nos laboratórios de investigação do DF e utilizando as técnicas e as metodologias próprias da atividade de investigação. Por outro lado, a Dissertação/Estágio no último ano do ciclo de estudos representa uma oportunidade à inserção em projetos de I&D, permitindo otimizar a formação de engenharia através da investigação.

4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

Experimental activity is strongly present in this cycle of study, mainly taking place in the research laboratories of the Phys. Dept., and using the techniques and methodologies that characterize the research activity. On the other hand, the Dissertation / Internship in the last year of the study programme represents an opportunity for insertion in R&D projects, allowing the intensification of engineering training through research.

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:

De acordo com o Decreto-Lei n.º 74/2006 e subsequentes alterações, no ensino universitário, o ciclo de estudos conducente ao grau de mestre tem 90 a 120 créditos ECTS e uma duração normal compreendida entre três e quatro semestres curriculares de trabalho dos estudantes.

Nesta proposta de Mestrado em Engenharia Física optou-se por 120 créditos ECTS, com uma duração de quatro semestres, uma vez que constitui o padrão de outras instituições de referência do ensino universitário em Portugal e no espaço europeu, em áreas semelhantes.

4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:

According to Decree-Law No. 74/2006 and subsequent changes, the total number of credits in a Cycle of studies leading to a masters degree is 90 to 120 ECTS credits with a duration between three to four semesters.

In this masters degree proposal in Engineering Physics, 120 ECTS credits were chosen, with a duration of four semesters. This is in line with representative higher education institutions in Portugal and in European institutions with similar areas of study.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

Em cada unidade curricular os docentes fizeram uma estimativa do número de horas de trabalho que serão necessárias a um estudante para aprender e dominar os conteúdos leccionados, incluindo as horas de contacto com os docentes e as horas dedicadas ao estudo e à realização de projetos, trabalhos práticos, e avaliação. Na estimativa referida foram ainda tidos em conta as áreas de especialização de cada docente e o conteúdo e complexidade das matérias que aborda.

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

In each curricular unit, teachers made an estimate of the number of hours of work that a student will need to learn and master the taught contents, including the contact hours with teachers and the hours dedicated to the study and the realization of projects, practical works, and evaluation. In the aforementioned estimate it was also taken into account the areas of specialization of each teacher and the content and complexity of the subjects he/she addresses.

4.7. Observações

4.7. Observações:

O Grupo Opcional apresentado neste guião é apenas indicativo pois todos os grupos opcionais poderão incluir ainda outras unidades curriculares, a fixar anualmente pela Faculdade de Ciências, sob proposta do Departamento responsável.

As unidades curriculares de Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização serão disponibilizadas anualmente pela Faculdade de Ciências.

4.7. Observations:

The Optional Group presented in this guide is only indicative because all optional groups may include other curricular units, to be fixed annually by the Faculty of Sciences, upon proposal of the Department responsible.

The course units of Business, Management and Organization Sciences will be available annually by the Faculty of Sciences.

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.

- *Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde (Coordenadora), Prof.ª Associada em regime de dedicação exclusiva.*
- *Guiomar Gaspar de Andrade Evans (Co-Coordenadora), Prof.ª Auxiliar em regime de dedicação exclusiva.*

5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree / Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Alexandre Pereira Cabral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
André Maria da Silva Dias Moitinho de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astrofísica e partículas	100	Ficha submetida
António Joaquim Rosa Amorim Barbosa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física Nuclear	100	Ficha submetida
Daniel Galaviz Redondo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física Nuclear	100	Ficha submetida
Elena Nikolaevna Koroleva Duarte	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Aeronáutica	100	Ficha submetida
Guiomar Gaspar de Andrade Evans	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física, Especialidade Electrónica e Instrumentação	100	Ficha submetida
João Miguel Pinto Coelho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
José António Soares Augusto	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
José Manuel de Nunes Vicente e Rebordão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física / Óptica	100	Ficha submetida
José Maria Longras Figueiredo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Luís Filipe dos Santos Garcia Peralta	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física de Partículas	100	Ficha submetida
Margarida Maria Telo da Gama	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida
Maria Margarida Colen Martins da Cruz	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Mário Manuel Silveira Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Nuno Miguel de Pinto Lobo e Matela	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Biofísica e Engenharia Biomédica	100	Ficha submetida
Agostinho da Silva Gomes	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	0	Ficha submetida
Manuel Adler Sanchez de Abreu	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Sara Alexandra Cordeiro Madeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Informática e de Computadores	100	Ficha submetida
				1900	

<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.

5.4.1.2. Número total de ETI.

19

5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral**5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.***

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	19	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):	19	100

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado**5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.**

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	19	100
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.**5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff**

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	19	100
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

Pergunta 5.5. e 5.6.**5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

A avaliação do desempenho dos docentes é um elemento central do processo de avaliação permanente da qualidade na FCUL. O objetivo da avaliação de docentes é o de reconhecer e valorizar o mérito, e fornecer a cada docente um conjunto de indicadores que lhe permita aperfeiçoar o seu desempenho, bem como definir e promover melhorias no funcionamento da instituição. A avaliação do desempenho tem em consideração as quatro vertentes do trabalho universitário: (i) Ensino, (ii) Investigação, (iii) Extensão Universitária, Divulgação Cultural e Científica e Valorização Económica e Social do Conhecimento e (iv) Gestão Universitária.

Os procedimentos e critérios de avaliação dos docentes da FCUL, no triénio 2016-2018, submetem-se ao Despacho n.º

13360/2016, de 9 de novembro. O processo de avaliação decorre entre setembro e dezembro de 2019.

Ciências difunde e encoraja a participação em atividades de formação pedagógica, disponíveis em <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/formacao-docentes>.

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

The assessment of teachers' performance is a central element of the ongoing assessment process quality at FCUL. The objective is to recognize and value the merits, and give each one a set of indicators that will enable him/her to improve his/her performance, and identify and promote improvements in the functioning of the institution, in particular with regard to training of students. The performance assessment takes into account the four aspects of university work, namely 1. Education, 2. Research, 3. University Extension, Cultural and Scientific Disclosure and Economic and Social Valorization of Knowledge and 4. University Management.

The procedures and criteria for the evaluation of FCUL teachers, in the period 2016-2018, are submitted to Despacho n.13360/2016, of November 9th. The evaluation process runs from Sep. to Dec.2019.

FCUL disseminates and encourages participation in pedagogical training activities, available at <https://ciencias.ulisboa.pt/en/formacao-docentes>.

5.6. Observações:

<sem resposta>

5.6. Observations:

<no answer>

6. Pessoal Não Docente

6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

Doze Funcionários em regime de tempo integral:

- sete nas Unidades de Serviços Centrais da FCUL, incluindo dois do Núcleo de Apoio Administrativo – C8 (N2A-C8), esporadicamente alocados ao ciclo de estudos;

- cinco técnicos de laboratório do Departamento de Física, parcialmente dedicados ao ciclo de estudos.

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

Twelve full-time non-academic staff members:

- seven at FCUL Central Service Units, which include two non-academic staff of Administrative Support Unit - C8 (N2A-C8), sporadically allocated to the cycle of studies;

- five laboratory technicians from the Department of Physics, partially devoted to the cycle of studies.

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

***Funcionários das Unidades de Serviços Centrais (C5+C8): 1 - 11º ano de escolaridade; 2 - 12º ano de escolaridade; 4 - Licenciatura.*

***Funcionários do Departamento de Física: Técnicos de laboratório: 2 - Engenheiro mecânico; 1 - Mestre em Física; 2 - 12º ano de escolaridade.*

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

***Non-academic staff of Central Service Units (C5+C8): 1 - 11th year of high school; 2 - 12th year of high school; 4 - Bachelor degree.*

***Non-academic staff from Department of Physics: Laboratory technicians: 2 - Mechanical Engineer; 1 - MSc in Physics; 2 - 12th year of high school.*

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e

desenvolvimento profissional.

Na Faculdade de Ciências da ULisboa (FCUL) é aplicado o Sistema Integrado de Gestão e Avaliação do Desempenho na Administração Pública (SIADAP), nomeadamente o SIADAP 3, regulamentado pela Lei n.º 66-B/2007, de 28/12, na sua redação atual.

O Núcleo de Formação e Avaliação do Departamento de Recursos Humanos dos Serviços Centrais da ULisboa (NFA) tem a seu cargo a promoção da formação profissional para a Universidade de Lisboa (ULisboa), permitindo aos seus colaboradores a atualização e aquisição de competências imprescindíveis ao desempenho das suas funções.

O NFA coopera com as estruturas internas ou externas à ULisboa, estabelecendo parcerias com diversas entidades formadoras, procurando, igualmente, constituir a sua própria equipa formativa, constituída por recursos humanos da ULisboa.

Os trabalhadores da FCUL frequentam também ações de formação em entidades externas, solicitadas por iniciativa do próprio ou do respetivo dirigente, como por exemplo, no INA.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

At FCUL, the “Sistema Integrado de Gestão e Avaliação do Desempenho na Administração Pública (SIADAP)” is applied to employees not teachers and not researchers, namely SIADAP 3, regulated by Law n. 66-B / 2007, December 28th, in its current version.

The Núcleo de Formação e Avaliação do Departamento de Recursos Humanos dos Serviços Centrais da ULisboa (NFA) is responsible for the promotion of vocational training to the University of Lisbon (ULisboa), allowing employees to update and acquisition of skills essential to the performance of their duties.

The NAF cooperate with the internal and external structures of the Universidade de Lisboa establishing partnerships with several training providers and also looking to establish its own training team made up of ULisboa human resources.

FCUL employees also attend training sessions in entities outside, for example, the INA.

7. Instalações e equipamentos

7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

- Laboratórios de aulas: 460 m²
- Laboratórios de investigação que apoiam aulas: 880 m²
- Salas de apoio a aulas laboratoriais: 36 m²
- Salas de estudo: 110 m²
- Biblioteca de Física: 267 m²
- Espaços comuns (anfiteatros e salas de aula): 5764 m²
- Espaços comuns (salas com computadores): 547 m²

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

- Class labs: 460 m²
- Research labs supporting classes: 880 m²
- Rooms supporting class labs: 36 m²
- Study rooms: 110 m²
- Physics library: 267 m²
- Common spaces (amphitheaters and classrooms): 5764 m²
- Common spaces (computer rooms): 547 m²

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Equipamentos/sistemas disponíveis em:

- Laboratórios de Investigação do DF nas áreas de: Fis. Matéria Condensada e Ciência Materiais, Fis. Atómica, Nuclear e Partículas, Ótica e Lasers, Eletrónica e Instrumentação, Sistemas Espaciais, e Física Computacional. Alguns exemplos: magnetómetros SQUID e de amostra vibrante, microscópio de força atómica c/ opções MFM, PFM, STM, deposição de filmes finos por CVD e PLD, sistema MOKE, resistividade elétrica e efeito Hall, impressoras 3D c/ tecnologias laser e de fusão, dois Clusters de computadores, sistema de caracterização por correlações angulares, equipamentos p/ medição da vida média do muão, sistemas laser Vis-IV, espectrómetros, radiómetros, componentes óticos de precisão, etc.

- Oficina de Mecânica do DF: Fresadora CNC p/ materiais não ferrosos; fresadora mecânica; fresadora com sistema de metrologia ótica; tornos mecânicos; engenho de furar; cortador plasma.

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

Equipment/systems available at:

- Phys. Dept. Research Laboratories in the areas of: Condensed Matter Phys and Materials Science, Atomic, Nuclear and Particles Phys, Optics and Lasers, Electronics and Instrumentation, Space Systems, and Computational Physics. Some examples: SQUID and Vibrant Sample Magnetometers, Atomic Force Microscope with MFM, PFM, STM options, CVD and PLD Thin Film Deposition, MOKE System, Electrical Resistivity and Hall Effect, 3D Printers with Laser and Fusion Technologies, two Computer Clusters, Angular Correlation characterization system, Muon average life measuring equipment, Laser systems (Vis-IV), spectrometers, radiometers, precision optical components, etc.

- Phys. Dept. Mechanical Workshop: CNC Milling Machine for non-ferrous materials; mechanical milling machine; milling machine with optical metrology system; mechanical lathes; drilling device; Plasma cutter.

8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.**8.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica****8.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research centre(s) in the area of the study programme where teaching staff develops its scientific activity**

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Classification FCT	IES / HEI	N.º de docentes do CE integrados / Number of study programme teaching staff integrated	Observações / Observations
CFTC - Centro de Física Teórica e Computacional / Center for Theoretical and Computational Physics	Muito Bom /Very Good	FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa /Faculty of Sciences of the University of Lisbon	2	
IBEB - Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica / Institute of Biophysics and Biomedical Engineering	Muito Bom /Very Good	FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa /Faculty of Sciences of the University of Lisbon	3	
IA - Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço / Institute of Astrophysics and Space Sciences	Excelente /Excellent	FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa /Faculty of Sciences of the University of Lisbon	4	
BioISI - Instituto de Biosistemas e Ciências Integrativas / Institute of BioSystems and Integrative Sciences	Bom /Good	FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa /Faculty of Sciences of the University of Lisbon	2	
CENTRA-Ciências - Centro de Astrofísica e Gravitação / Center for Astrophysics and Gravitation	Excelente /Excellent	IST - Instituto Superior Técnico	3	IST é a instituição proponente; FCUL é instituição participante / IST is the principal contractor; FCUL is a participating institution
LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas / Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics	Excelente /Excellent	N.A.	3	FCUL é um dos associados do LIP; FCUL is one of the associate members of LIP
CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados / Center for Physics and Engineering of Advanced Materials	Muito Bom /Very Good	IST - Instituto Superior Técnico	1	IST é a instituição proponente; FCUL é instituição participante / IST is the principal contractor; FCUL is a participating institution

Pergunta 8.2. a 8.4.

8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/aa2cce76-7251-620b-5313-5d6e656418dc>

8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/aa2cce76-7251-620b-5313-5d6e656418dc>

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.

- *ESPRESSO: UM NOVO ESPECTRÓGRAFO PARA O VLT (2010-12)
- *EUROPEAN NUCLEAR SCIENCE AND APPLICATIONS RESEARCH (2010-14)
- *AVALIAÇÃO INTEGRADA DE NANOMATERIAIS: CARACTERIZAÇÃO E DETERMINAÇÃO DA TOXIDADE AMBIENTAL (2010-13)
- *ESTUDOS PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESCULTURAS MONUMENTAIS EM TERRACOTA DO MOSTEIRO DE ALCOBAÇA (2011-14)
- *DETERMINAÇÃO DIRECTA DA MASSA DO NEUTRINO: CONTRIBUIÇÃO PORTUGUESA PARA MARE (2012-15)
- *INITIATION OF A PHASE III SIMPLE DARK MATTER SEARCH (2012-13)
- *CO-EVOLUÇÃO ESTOCÁSTICA DE SINALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO (2012-15)
- *GAIA - PARTICIPAÇÃO NACIONAL NO CONSÓRCIO P/ ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS (DPAC) E PREPARAÇÃO P/ EXPLORAÇÃO CIENTÍFICA (2012-15)
- *SENSORIZAÇÃO DE ELEVADO DESEMPENHO EM FIBRA ÓTICA BASE PLASMÓNICA (2012-14)
- *AUTO-AGREGAÇÃO DO MODELO DE COLÓIDES DE LISBOA EM SUPERFÍCIES ESTRUTURADAS E MAIS (2013-17)
- *CONSULTORIA NA ÁREA DAS INTERFACES PESSOA-MÁQUINA E SUA APLICAÇÃO EM AMBIENTES INTERATIVOS (2015-17)
- *INTERAÇÕES MOLECULARES E MECÂNICAS EM BIOLOGIA ESTUDADAS POR MICROSC. FORÇA ATÓMICA C/ RETROAÇÃO EM FORÇA (2016-19)
- *ESTUDO DOS EFEITOS DE ESTRUTURA EM NÚCLEOS ESTÁVEIS E EXÓTICOS USANDO REACÇÕES NUCLEARES (2016-20)
- *A NATUREZA DO LADO ESCURO DO UNIVERSO (2017)
- *GRAVITATIONAL LENSES IN THE UNIVERSE WITH EUCLID (2015-18)
- *COLABORAÇÃO NA EXPERIÊNCIA ATLAS (2015-20)
- *EUROPEAN NUCLEAR SCI. AND APPLICATION RESEARCH 2 (2017-20)
- *NEUROSCIENCEID (2017-19)
- *NETWORK OF EXTREME CONDITIONS LABORATORIES (2017-20)
- *DESENHO ÓTICO OTIMIZADO P/ MÁQUINA DE CORTE A LASER DE FIBRA DE ELEVADA POTÊNCIA (2018)
- *TERAHERTZ TECHNOLOGIES FOR IMAGING, RADAR AND COMMUNICATION APPLICATIONS (2018-21)
- *INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE EFFICIENCY OF BROWN DWARF FORMATION (2017-21)
- *DARK COUPLINGS (2017-21)
- *PREPARING DESERTIFICATION AREAS FOR INCREASED CLIMATE CHANGE (2017-2022).
- *HIGH-POWER LASER HEAD FOR A GRAVITATIONAL WAVE OBSERVATORY MISSION (2017-20)
- *ELECTROMAGNETIC IMAGING FOR A NOVEL GENERATION OF MEDICAL DEVICES (2018-22)
- *ENERGY-EFFICIENT AND HIGH-BANDWIDTH NEUROMORPHIC NANOPHOTONIC CHIPS FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS (2019-22)
- *ALGORITHM DEVELOPMENT AND DATA MANIPULATION IN THE AREA OF MICROWAVE IMAGING (2019-19)
- *NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS ESTRUTURADAS (2018-21)
- *ONDULAÇÕES ESPACIO-TEMPORAIS NO UNIVERSO GRAVITACIONAL ESCURO (2018-21)
- *COSMOLOGIA E FÍSICA FUNDAMENTAL COM O ESPRESSO (2018-21)
- *DA FENOMENOLOGIA DO HIGGS À UNIFICAÇÃO DAS INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS (2018-21)
- *IMPLEMENTAÇÃO INTELIGENTE DA CORREÇÃO DO AVERMELHAMENTO DE SUPERNOVAS USADAS EM COSMOLOGIA (2018-21)
- *A GERAÇÃO DE ESPECTRÓGRAFOS P/ ENCONTRAR UMA NOVA TERRA (2018-21)
- *MATÉRIA ATIVA EM SUBSTRATOS: DAS CÉLULAS AOS TECIDOS (2018-20)
- *INTEGRATIVE APPROACHES TO PROTEIN FOLDING & AGGREGATION (2019)
- *BOMBAS CRIOGÉNICAS PARA APLICAÇÕES GEO-ESPACIAIS (2019-20)
- *FROM FUNDAMENTAL SCIENCE TO TECHNOLOGICAL APPLICATIONS (2019-23)

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.

- *ESPRESSO: A NEW SPECTROGRAPH FOR THE VLT (2010-12)
- *EUROPEAN NUCLEAR SCIENCE AND APPLICATIONS RESEARCH (2010-14)
- *INTEGRATED EVALUATION OF NANOMATERIALS: CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL TOXICITY (2010-13)
- *STUDIES FOR THE CONSERVATION OF MONUMENTAL TERRACOTTA SCULPTURES OF THE ALCOBAÇA MONASTERY (2011-14)
- * NEUTRINO MASS DIRECT DETERMINATION: PORTUGUESE CONTRIBUTION TO MARE (2012-15)
- *INITIATION OF A PHASE III SIMPLE DARK MATTER SEARCH (2012-13)
- *STOCHASTIC SIGNALING AND COOPERATION CO-EVOLUTION (2012-15)
- *GAIA - NATIONAL PARTICIPATION IN THE DATA PROCESSING AND ANALYSIS CONSORTIUM (DPAC) AND EARLY SCIENCE PREPARATION (2012-15)
- *PLASMONICS BASED FIBER OPTIC SENSING WITH ENHANCED PERFORMANCE (2012-14)
- *SELF-ASSEMBLY OF THE LISBON MODEL OF PATCHY COLLOIDS AT PATTERNED SURFACES AND MORE (2013-17)
- * CONSULTING IN THE AREA OF PERSON-MACHINE INTERFACES AND ITS APPLICATION IN INTERACTIVE ENVIRONMENTS (2015-17)
- *MOLECULAR AND MECHANICAL FORCES IN BIOLOGY MEASURED WITH FORCE FEEDBACK MICROSCOPY (2016-19)
- * STUDY OF STRUCTURE EFFECTS ON STABLE AND EXOTIC NUCLEUS USING NUCLEAR REACTIONS (2016-20)
- * THE NATURE OF THE DARK SIDE OF THE UNIVERSE (2017)
- *COLLABORATION IN THE ATLAS EXPERIMENT (2015-20)
- *EUROPEAN NUCLEAR SCI. AND APPLICATION RESEARCH 2 (2017-20)
- *NEUROSCIENCEID (2017-19)
- *NETWORK OF EXTREME CONDITIONS LABORATORIES (2017-20)
- * OPTIMIZED OPTICAL DESIGN FOR HIGH POWER FIBER LASER CUTTING MACHINE (2018)

- *TERAHERTZ TECHNOLOGIES FOR IMAGING, RADAR AND COMMUNICATION APPLICATIONS (2018-21)
- *INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE EFFICIENCY OF BROWN DWARF FORMATION (2017-21)
- *DARK COUPLINGS (2017-21)
- *PREPARING DESERTIFICATION AREAS FOR INCREASED CLIMATE CHANGE (2017-2022)
- *HIGH-POWER LASER HEAD FOR A GRAVITATIONAL WAVE OBSERVATORY MISSION (2017-20)
- *ELECTROMAGNETIC IMAGING FOR A NOVEL GENERATION OF MEDICAL DEVICES (2018-22)
- *ENERGY-EFFICIENT AND HIGH-BANDWIDTH NEUROMORPHIC NANOPHOTONIC CHIPS FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS (2019-22)
- *ALGORITHM DEVELOPMENT AND DATA MANIPULATION IN THE AREA OF MICROWAVE IMAGING (2019-19)
- *STRUCTURED MAGNETIC NANOPARTICLES (2018-21)
- *SPACE-TIME WAVES IN THE DARK GRAVITATIONAL UNIVERSE (2018-21)
- *COSMOLOGY AND FUNDAMENTAL PHYSICS WITH THE ESPRESSO (2018-21)
- *FROM HIGGS PHENOMENOLOGY TO UNIFICATION OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS (2018-21)
- *INTELLIGENT IMPLEMENTATION OF THE CORRECTION OF SUPERNOVA REDSHIFT USED IN COSMOLOGY (2018-21)
- *THE GENERATION OF SPECTROGRAPHS TO FIND A NEW EARTH (2018-21)
- *ACTIVE MATTER IN SUBSTRATES: FROM CELLS TO TISSUES (2018-20)
- *INTEGRATIVE APPROACHES TO PROTEIN FOLDING & AGGREGATION (2019)
- *CRIOGENIC PUMPS FOR GEO-SPACE APPLICATIONS (2019-20)
- *FROM FUNDAMENTAL SCIENCE TO TECHNOLOGICAL APPLICATIONS (2019-23)

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:

De acordo com os dados publicados na página da DGES, a percentagem de graduados em Engenharia Física (Mestrado Integrado) entre 2013/14 e 2016/17 que se encontravam desempregados à data de 18/07/2019 variou entre 0% e 4,3%, com a seguinte distribuição: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - 0%; Instituto Superior Técnico (Universidade de Lisboa) - 0%; Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - 2,3%; Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - 3,6%; Universidade de Aveiro - 4,3%.

Em relação aos Mestrados Integrados em Engenharia Física da Universidade do Minho e da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa não existem dados oficiais disponíveis por falta de estatísticas. No entanto, a coordenação do MIEF-FCUL não tem conhecimento de desempregados de entre os 18 graduados no período indicado.

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

According to data published on the DGES website, the percentage of graduates in Engineering Physics (Integrated Master) between 2013/14 and 2016/17 who were unemployed as of 18/07/2019 ranged from 0% to 4.3%, distributed as follows: Faculty of Sciences of the University of Porto - 0%; Instituto Superior Técnico (University of Lisbon) - 0%; Faculty of Science and Technology, New University of Lisbon - 2.3%; Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra - 3.6%; University of Aveiro - 4.3%.

Regarding the Integrated Masters in Engineering Physics of the University of Minho and the Faculty of Sciences of the University of Lisbon there are no official data available due to lack of statistics. However, the coordination of MIEF-FCUL is not aware of unemployed among the 18 graduates in the indicated period.

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

O novo CE, Mestr. em Eng. Física (MEF), resulta da reestruturação do atualmente em curso Mestr. Integr. Eng. Física (MIEF). Os dados publicados pela da DGES mostram que:

1. O nº de candidatos ao MIEF-FCUL tem vindo a aumentar continuamente (140 candidatos em 2012; 324 em 2019);
2. Os colocados na 1ª fase têm preenchido o nº de vagas disponíveis (atualmente 40);
3. As classificações de entrada, em particular a mínima, têm vindo a aumentar desde 2014; em 2019 verificou-se um salto positivo muito significativo (2015:137,8; 2016:148,0; 2017:151,5; 2018:152,3; 2019:161,3);
4. Em 2019, 73% dos alunos colocados escolheram o MIEF-FCUL em 1ª + 2ª opção.

Obviamente, os dados referem-se ao 1º ano do programa de estudos. Temos a expectativa de que estes bons resultados se mantenham no novo curso MEF, embora esperando um nº de candidatos inferior. Por outro lado, sendo o MEF um novo ciclo de estudos independente, existe a possibilidade de atrair estudantes de outros ciclos de estudo similares.

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

The new cycle of study – Master in Engineering Physics (MEF), results from the restructuring of the currently underway Integrated Master in Engineering Physics (MIEF). Data published on the DGES website show that:

1. The number of MIEF-FCUL applicants has been steadily increasing (140 candidates in 2012; 324 candidates in 2019);

2. Those placed in the 1st stage have filled the number of vacancies available;
3. Entry ratings, particularly the minimum, have been increasing since 2014; In 2019 there was a very significant positive leap (2015:137,8; 2016:148,0; 2017:151,5; 2018:152,3; 2019:161,3);
4. In 2019, 73% of students placed chose MIEF-FCUL in 1st + 2nd option.

Obviously, the data refer to the 1st year of the study programme. It is expected these good results to continue in the new MEF course, while expecting a lower number of candidates. On the other hand, as MEF is a new independent course, it is possible to attract students from other similar cycles of study.

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

O Despacho nº 139/2013 da ULisboa regulamenta a mobilidade entre escolas, permitindo que os estudantes realizem unidades curriculares em qualquer escola da Universidade de Lisboa.

O programa do Mestrado em Eng. Física prevê a realização de seis unidades curriculares opcionais, no 1º ano, o que permitirá que os estudantes ao definirem o seu percurso formativo possam realizar algumas dessas opções noutra escola da ULisboa, nomeadamente no Instituto Superior Técnico.

Além disso, os estudantes do MEF realizam um(a) Dissertação/Estágio em Eng. Física de 48 ECTS. Este período de formação poderá decorrer, em particular, em laboratórios universitários exteriores à FCUL, mediante acordos formais ou informais, existindo sempre um orientador interno responsável pelo cumprimento do programa de trabalhos acordado.

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

The Order No. 139/2013 of ULisboa regulates mobility between schools allowing students to undertake course units in any school of the University of Lisbon.

The Master in Engineering Physics program foresees the completion of six optional curricular units in the 1st year, which will allow students to define some of these options in another ULisboa school, e.g. Instituto Superior Técnico.

In addition, MEP students undertake a Dissertation / Internship in Engineering Physics of 48 ECTS. This period of training may take place, in particular, in university laboratories outside FCUL, by formal or informal arrangements, and there shall always be an internal advisor responsible for compliance with the agreed work program.

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:

A maior parte das instituições de ensino universitário e politécnico europeias aderiram ao processo de Bolonha apresentando os seus cursos organizados em Licenciaturas – três anos/180 ECTS, e Mestrados – de dezoito meses até dois anos, correspondendo a 90 a 120 ECTS.

As designações do curso variam consoante a instituição; são exemplos: Engenharia Física (EF) ou Física Tecnológica (FT) e, geralmente, Física Aplicada (FA). Estes cursos são oferecidos por diversas instituições, tais como:

- Instituto Politécnico de Milão (licenc. e mestrado em EF)
- Instituto Politécnico de Turim (licenc. em EF)
- Universidade Técnica de Viena (licenc. e mestrado em Física Tecnológica)
- Universidade de Groningen (licenc. e mestrado em Física Aplicada)
- Universidade de Tecnológica de Eindhoven (licenc. e mestrado em Física Aplicada)
- KTH Royal Institute of Technology (Mestrado em Engenharia Física)

Todas as instituições mencionadas oferecem um programa de estudos organizado segundo o sistema (3 + 2)

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

Most European university and polytechnic institutions have joined the Bologna process and present their study programmes organized as Bachelor's degree - three years / 180 ECTS, and Master's degree - from eighteen months to two years, corresponding to 90 to 120 ECTS.

Course assignments vary depending on the institution; several designations are: Engineering Physics (EP), Physics Engineering (PE), Physical Engineering (PSE), Technical Physics (TP), Applied Physics (AP). These courses are offered by different institutions such as:

- Polytechnic Institute of Milan (BSc in PE and MSc in EP)
- Polytechnic Institute of Turin (BSc in PSE)
- Technical University of Vienna (BSc and MSc in TP)
- University of Groningen (BSc and MSc in AP)

- Eindhoven University of Technology (BSc and MSc in AP)
- KTH Royal Institute of Technology (MSc in EP)

...

All the institutions above offer a (3 + 2) structured programme.

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 gerais dos cursos de Mestrado são semelhantes aos da FCUL: formar estudantes que pretendam desenvolver um conhecimento em Física orientado para aplicações, preparando-os para atividades de tecnologia, eng^a avançada e desenvolvimento de sistemas complexos, habilitando-os para carreiras de I&D e/ou de desenvolvimento em ciências aplicadas, necessários para a sociedade tecnológica do presente e do futuro, estimulando ainda nos estudantes espírito criativo, autónomo, responsável e de liderança.

Em geral, em paralelo com um conjunto de unidades curriculares obrigatórias é oferecida uma panóplia de unidades opcionais, à semelhança da presente proposta, que permitem que os estudantes adquiram competências acrescidas em certas áreas como, por ex., sistemas espaciais, ótica e fotónica, materiais, instrumentação e sistemas de dados, ou outra.

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

The general objectives of the Masters programmes are similar to those of FCUL's degree: to train students who want to develop application-oriented knowledge in physics, prepare them for technological activities, advanced engineering and complex systems development, enabling them to pursue R&D and / or development in applied sciences, necessary for the present and future technological society, stimulating in the students a creative, autonomous, responsible and leadership spirit.

In general, in parallel with a set of compulsory course units, a variety of optional units are offered in a similar way as the current proposal to enable students to acquire increased skills in certain areas such as space systems, optics and photonics, materials, instrumentation and data systems, and other.

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).

[11.2._Questão 11_2.pdf](#)

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
----------------	--	--	--	--

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

***** NOTA PRÉVIA: Na FCUL o processo de criação/avaliação de um ciclo de estudos começa muitos meses antes de a plataforma da A3ES abrir. Assim, em fevereiro de 2019, iniciámos a preparação de todo o processo. Nessa altura, ao comparar o formulário de NCE da ULisboa com o Guião da A3ES, detetámos que o número de caracteres dos campos da análise SWOT era diferente (A3ES: máximo de 1000 caracteres e ULisboa: máximo de 3000 caracteres). E a Reitoria corrigiu o seu formulário interno! A análise SWOT que a seguir se apresenta foi a que foi elaborada pela coordenação do curso no pressuposto anterior. Quando a plataforma da A3ES abriu, foi com espanto que as coordenações dos cursos verificaram que afinal tinham 3000 caracteres disponíveis. Confrontada com a nossa indignação, a Reitoria da ULisboa solicitou esclarecimento à A3ES e a 18 de setembro pp, enviou-nos a seguinte resposta: "...Na presente data foi-nos comunicado telefonicamente pelo Gestor de Procedimento da A3ES, Dr. Pedro Matias, após colocar a questão ao Conselho de Administração, que efetivamente os caracteres disponíveis no campo 12. Análise SWOT do " PAPNCE em preenchimento" na plataforma da A3ES não está correto, mas para os NCE a submeter até ao dia 15 de outubro não irão alterar, devendo ser considerados os 3000 caracteres ...". Como devem compreender, um texto com a importância destes não é feito de um dia para o outro pelo que a Direção da FCUL deu orientações aos Coordenadores para manter os textos que tinham escrito no pressuposto de terem apenas 1000 caracteres disponíveis.*****

Pontos fortes:

1. CE da responsabilidade de Ciências: nacional e internacionalmente é referência no ensino superior;
2. Longa experiência de formação do DF em Eng. e Tecnol. Físicas, com alta empregabilidade dos graduados;
3. Sólida formação avançada em Física e Engenharia;
4. Dissertação em empresas, organizações e infraestruturas internacionais;
5. Nº de UCs opcionais relevante permite que os estudantes definam o seu percurso formativo;
6. Elevada qualificação do corpo docente, com vasta experiência pedagógica, científica e técnica;
7. Forte ligação dos grupos de I&D do DF com a ESA, ESO e CERN, e reconhecimento e reputação internacional em atividades de desenvolvimento de instrumentação e eng^a de dados;
8. Boas infraestruturas laboratoriais e computacionais, equipamentos e espaços de estudo;
9. Boa localização num campus de fácil acesso por transportes públicos e com boas infraestruturas de apoio;
10. Sinergia com outros 2º CE de Ciências.

12.1. Strengths:

***** PRIOR NOTE: At FCUL the process of creating / evaluating a study cycle begins many months before the A3ES platform opens. Thus, in February 2019, we began the preparation of the entire process. At that time, when comparing the ULisboa NCE form with the A3ES Script, we found that the number of characters in the SWOT analysis fields was different (A3ES: 1000 characters maximum and ULisboa: 3000 characters maximum). And the Rectory corrected its internal form! The following SWOT analysis was prepared by the course coordinator in the previous assumption. When the A3ES platform opened, it was astonishing that the course coordinators found that they had 3000 characters available after all. Faced with our indignation, the Rectory of ULisboa requested clarification from A3ES and on September 18, 2019 sent us the following reply: "... On this date we were notified by telephone by A3ES Procedural Manager, Dr. Pedro Matias, after asking the question to the Board of Directors, that effectively the number of characters available in field 12. "PAPNCE SWOT analysis" on completion of the A3ES platform is not correct, and that for NCEs to**

*be submitted by October 15th there will be no change, the 3000 characters should be considered... ”. As you should understand a text of this importance cannot be redone overnight, so the FCUL Board gave guidance to the Coordinators to keep the texts they had written on the assumption that they had only 1000 characters available. ****

Strengths:

1. *The Faculty of Sciences (FCUL) is recognized, nationally and internationally, as a benchmark of quality in the training of undergraduate and graduate students;*
2. *The Department of Physics (DP) of the FCUL has a long experience (since 1982) of training in the field of Physical Engineering and Technologies, with high success of employability of its graduates;*
3. *Solid advanced training in Physics and Engineering;*
4. *Master thesis in companies, organizations and international infrastructures;*
5. *Relevant number of optional course units allows students to define their own training path;*
6. *High qualification of the teaching staff, with vast pedagogical, scientific and technical experience;*
7. *Strong link of R&D groups of the Phys. Dept. with ESA, ESO and CERN, and international recognition and reputation in instrumentation and data engineering development activities;*
8. *Good laboratory and computational infrastructures, equipment and study spaces;*
9. *Good location on a campus easily accessible by public transport and with good supporting infrastructures;*
10. *Synergy with the other 2nd Cycle of Studies of FCUL.*

12.2. Pontos fracos:

Utilização ainda reduzida de doutorados, especialistas na área do CE, a exercer actividade profissional fora da academia, nas actividades lectivas deste CE, comprometendo a interface com o tecido empresarial e a sociedade.

12.2. Weaknesses:

Still reduced use of PhD holders, specialists in the area of the study cycle and performing professional activity outside the academy, in the teaching activities of this SC, compromising the interface with business sector and society

12.3. Oportunidades:

1. *Crescente importância da formação em Eng^a e Tecnologias Físicas no desenvolvimento de novas áreas científicas e tecnológicas;*
2. *Aumento da procura e qualidade dos estudantes, suportada pela menção da FCUL nos media;*
3. *Rarefação de mestrados em Eng. Física nas universidades europeias e países da CPLP, podendo favorecer a procura por parte de estudantes estrangeiros;*
4. *Conhecimento mais aprofundado das infraestruturas europeias de investigação científica e tecnológica e da natureza das iniciativas que elas acolhem na área da formação, proporcionando novas oportunidades para formandos e graduados (estágios, cursos de formação, pleno emprego, etc.);*
5. *Crescente percepção da utilidade das competências dos físicos e engenheiros físicos para intervenção na consultoria técnico-científica e económico-financeira.*

12.3. Opportunities:

1. *Increasing importance of training in Physical Engineering and Technologies in the development of new scientific and technological areas;*
2. *Increased student demand and quality, supported by FCUL's mention in the media;*
3. *Fewness degrees of masters in Engineering Physics at European universities and CPLP countries, which may favor the demand of foreign students;*
4. *Further knowledge of European scientific and technological research infrastructures and of the nature of their initiatives in the field of training, providing new opportunities for trainees and graduates (internships, training courses, full employment, etc.);*
5. *Growing awareness of the usefulness of the skills of physicists and physics engineers to intervene in technical-scientific and economic-financial consulting.*

12.4. Constrangimentos:

1. *Existência de duas ofertas concorrentes na região de Lisboa;*
2. *Renovação insuficiente do corpo docente; corpo docente com formação inicial na área das engenharias ainda reduzido;*
3. *Necessidade de implementar estratégias de formação que privilegiem as exigências do mercado de emprego externo em detrimento dos interesses dos centros de investigação associados;*

4. O custo do alojamento e a falta deste na cidade de Lisboa podem levar a uma redução da procura.

12.4. Threats:

1. Existence of two competing offers in the Lisbon region;
2. Insufficient renewal of teaching staff; teaching staff with reduced initial training in the field of engineering;
3. Need to implement training strategies that prioritize the demands of the external job market to the detriment of the interests of associated research centers;
4. The cost of housing and its lack in the city of Lisbon may lead to a reduction in demand.

12.5. Conclusões:

Pela portaria nº1022/82, foi criada na FCUL a Licenciatura em Física Tecnológica (FT), organizada por unidades de crédito, com a duração de quatro anos curriculares mais um ano inteiramente dedicado a um Estágio Profissionalizante obrigatório. Mais tarde, em 1995, foi criado o curso de Licenciatura em Engenharia Física, em substituição do de FT, conservando a estrutura anterior e acentuando a tendência de diferenciação em relação aos outros cursos do DF. Esta estrutura geral manteve-se constante por uma década, apesar de algumas alterações introduzidas nos planos de curso. Com o Processo de Bolonha, desapareceu a licenciatura em Eng^a Física de cinco anos, substituída, num primeiro tempo, por um Ramo na Licenciatura em Física e um Mestrado em Engenharia Física (3+2) e, mais tarde, pelo Mestrado Integrado em Engenharia Física (acreditado em 06/2010). A reestruturação em curso faz regressar o sistema (3+2), agora com total individualidade dos novos 1º e 2º Ciclos em Eng. Física.

São, pois, quase quatro décadas de experiência de formação do DF de Ciências na área das Engenharias e Tecnologias Físicas, em que os seus diplomados estão dispersos por uma enorme variedade de instituições públicas e privadas, em Portugal e no estrangeiro, incluindo o sector empresarial, e em que o retorno é extremamente positivo, manifestado pelo elevado apreço em que a comunidade de empregadores tem os diplomados nesta área por Ciências. Importa ainda salientar o nº significativo de empresas constituídas por graduados em Eng^a Física da FCUL.

Os principais desafios do novo Mestrado serão continuar a atrair estudantes com níveis crescentes de conhecimento e motivação, aumentando o número de candidaturas face às vagas disponíveis. Será necessário encontrar mecanismos de incentivo e atratividade que levem os graduados de 1º ciclo em Eng. Física ou áreas afins, da FCUL e outras escolas, a optarem pelo CE aqui descrito. O nº significativo de UC's opcionais – que permite que os estudantes sejam co-responsáveis pelo seu percurso formativo – e a possibilidade de realização da Dissertação em ambiente empresarial ou em colaboração com as grandes organizações europeias, com as quais o DF mantém fortes ligações, são, seguramente, um meio de alcançar os objetivos traçados. Outro, passa por incrementar os mecanismos de divulgação e promoção deste CE.

Sendo que a formação oferecida visa, em primeiro lugar, a saída dos diplomados para o mercado de emprego externo à academia, a educação ministrada neste CE deverá ter sempre presente as novas oportunidades, estimulando a criatividade, a inovação e o empreendedorismo.

12.5. Conclusions:

The Degree in Technological Physics (TP) was created in FCUL by ordinance No. 1022/82; it was organized by credit units, with a duration of four curricular years plus one year entirely dedicated to a compulsory Professional Internship. Later, in 1995, the degree course in Engineering Physics was created, replacing the one of TP, preserving the previous structure and accentuating the tendency of differentiation in relation to the other courses of the Phys. Dept. This overall structure has remained constant for a decade, despite some changes to the course plans. With the Bologna Process, the five-year degree in Engineering Physics disappeared, first replaced by a Branch in Physics Degree and a Master in Engineering Physics (3 + 2) and later by the Integrated Master in Engineering Physics (accredited on 06/2010). The ongoing restructuring recovers the (3 + 2) system, although with full individuality of the new degree in Engineering. Physics.

Thus, the Phys. Dept. of FCUL has almost four decades of experience of training in the area of Physical Engineering and Technologies, in which its graduates are spread over a huge variety of public and private institutions, in Portugal and abroad, including the business sector, and where the return is extremely positive, manifested by the high appreciation in which the employer community has FCUL graduates in this area. It is also important to highlight the significant number of companies formed by graduates in Engineering Physics from FCUL.

The main challenges of the new Masters will be to continue to attract students with increasing levels of knowledge and motivation, increasing the number of candidates to the available positions. It will be necessary to find incentive and attractiveness mechanisms that lead the 1st cycle graduates in Engineering Physics or related areas, from FCUL and other schools, to choose the SC described here. The significant number of optional course units – which allows students to be co-responsible for their educational path, and the possibility of performing the Master Thesis in a business environment or in collaboration with the large European organizations with which the Phys. Dept. maintains strong links, are certainly a means of achieving the goals set. Another is to increase the dissemination and promotion mechanisms of this cycle of study.

Since the training offered is aimed primarily at leaving graduates to the job market outside the academy, the education

provided in this 2nd Cycle should always keep in mind new opportunities, stimulating creativity, innovation and entrepreneurship.