

NCE/19/1900007 — 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:

Licenciado

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:

180

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):

Três anos / Seis 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):

Three years / Six semesters

1.9. Número máximo de admissões:

60

1.10. Condições específicas de ingresso.

Provas Específicas: 07 - Física e Química e 19 - Matemática A. Classificações mínimas: Nota de candidatura não inferior a 100/200 | Provas de ingresso com classificações não inferiores a 95/200, no âmbito dos exames nacionais de cada uma das disciplinas específicas exigidas. Fórmula de cálculo: 50% - Classificação final do ensino secundário | 50% - Classificação das provas específicas.

1.10. Specific entry requirements.

Specific exams: 07 - Physics and Chemistry and 19 - Mathematics A. Minimum application grade (high school): 100 on a 0-200 scale. Minimum grade in national exams: 95 on a 0-200 scale. Relative weights: high school grade (50%), national exams (50%).

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

NA

1.11.1. If other, specify:

NA

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Faculty of Sciences of the University of Lisbon

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

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

1.14. Observações:

O ciclo de estudos conducente ao grau de Licenciado em Engenharia Física (LEF) está organizado em 6 semestres letivos correspondentes, cada um, a 30 ECTS.

A LEF está estruturada em duas etapas: a primeira, de formação geral em Física e Matemática, engloba o 1º e 2º anos; a segunda etapa de formação complementar (3º ano) inclui unidades curriculares de Ciências Físicas e de Eng. e Tecnologias Físicas. De salientar a introdução de uma disciplina de Economia e Gestão no 2º ano, de uma disciplina introdutória no 1º semestre do curso destinada a informar, motivar e integrar os novos alunos no espírito de uma engenharia de banda larga como é a Eng. Física, e de um Estágio no último semestre com o objetivo principal de permitir aos estudantes ter um primeiro contacto com I&D, promovendo a aprendizagem pela prática. De realçar ainda a forte componente experimental deste curso.

1.14. Observations:

The cycle of study leading to the BSc degree in Engineering Physics (LEF) is organized in 6 semesters corresponding to 30 ECTS each.

The LEF is structured in two stages: the first, of general formation in Physics and Mathematics, covers 1st and 2nd years; the second stage of further training (3rd year) includes curricular units of Physics and Physical Engineering and Technologies. It should be noted the introduction of an Economics and Management course in the 2nd year, an introductory course in the first semester of the study programme designed to inform, motivate and integrate new students in the spirit of a broadband engineering such as Engineering Physics, and a Traineeship in the last semester with the main objective of allowing students to have a first contact with R&D, promoting learning by doing. Also noteworthy is the strong experimental component of this degree.

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 185-2019_Cr_Lic_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_Licenciatura_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:

Esta Licenciatura tem como principal objetivo assegurar conhecimentos sólidos nas áreas fundamentais de uma formação em Engenharia Física, a saber, Física, Matemática e Eletrónica e Instrumentação, com o nível adequado a um 1º ciclo de estudos. A LEF oferece ainda formação básica em Química, Economia e Gestão, Programação e Computação, para além de UC's de Inovação e Empreendedorismo e Desenvolvimento Pessoal. A inclusão de um Estágio no final do CE permite aos estudantes ter um primeiro contacto com I&D em ambiente empresarial ou em centros de investigação da academia, ou ainda promover a mobilidade no espaço internacional (por ex. programa Erasmus).

De um modo geral, pretende-se dar uma formação abrangente e de elevada qualidade que estimule um espírito curioso, crítico, empreendedor, e que motive a prossecução dos estudos para um 2º Ciclo em Engª Física ou áreas afins, não esquecendo a possibilidade de opção por um conjunto de saídas profissionais.

3.1. The study programme's generic objectives:

This degree aims to ensure solid knowledge in the fundamental areas of a formation in Engineering Physics, namely, Physics, Mathematics and Electronics and Instrumentation, with the appropriate level to a 1st cycle of studies. LEF also offers basic training in Chemistry, Economics and Management, Programming and Computing, in addition to CU's of Innovation and Entrepreneurship and Personal Development. The inclusion of a Traineeship in the last semester allows students to have first contact with R&D in a business environment or at academy research centers, as well as to promote mobility at the international level (eg. Erasmus program).

In general, it is intended to provide a comprehensive and high quality training that stimulates a curious, critical, enterprising spirit and motivates the pursuit of studies for a 2nd cycle in Engineering Physics or related areas, not forgetting the possibility of option for a set of professional opportunities.

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

A Lic. em Eng. Física é ancorada em sólidas componentes de Física, Matemática e Electrónica, complementadas por formação em domínios fundamentais de um 1º ciclo em engenharia. Esta formação, sólida e abrangente, prepara o estudante para resolver problemas de Engenharia cujas raízes assentam nos fundamentos da Física. O Estágio, no final do CE, contribui para o desenvolvimento da capacidade de trabalho autónomo, embora supervisionado. A abordagem e metodologias utilizadas visam que o estudante ganhe competências aos níveis teórico, experimental, de projeto, de planeamento de atividades, de análise e resolução de problemas, de exposição e comunicação oral e escrita, e de funcionamento em grupo de trabalho.

Em sintonia com o espírito de Bolonha, Ciências aposta numa formação global e universalista, com a aquisição de

competências pessoais complementares às competências técnicas de cada licenciatura, oferecendo duas UC opcionais centradas no desenvolvimento de competências transversais.

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

This degree in Engineering Physics is anchored in solid components of Physics, Mathematics and Electronics, complemented by training in fundamental domains of a 1st cycle in engineering. This solid and comprehensive training prepares the student to solve engineering problems whose roots lie in the foundations of physics. The traineeship, at the end of the cycle of studies, contributes to the development of autonomous yet supervised work ability. The approach and methodologies used aim at the student to gain skills at several levels: theoretical, experimental, project, activity planning, problem analysis and resolution, oral and written exposure and communication, and working in groups.

In line with the spirit of Bologna, FCUL invests in a global and universalist formation, with the acquisition of personal competences complementary to the technical competences of each degree, offering two optional course units focused on the development of transversal competences.

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.

A Licenciatura 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 de base abrangente e de elevada qualidade numa das áreas estratégicas de Ciências. A atividade experimental está fortemente presente neste ciclo de estudos, contribuindo para o desenvolvimento de pensamento crítico e incentivando a comunicação oral e escrita dos estudantes. A UC de Estágio no último semestre do ciclo de estudos representa uma oportunidade de inserção em projetos de I&D, em curso nos centros de investigação de Ciências ou da ULisboa, ou ainda no estrangeiro, promovendo a educação pela prática da investigação. A possibilidade do Estágio ser realizado em meio empresarial constitui uma mais valia desta licenciatura, abrindo-a 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 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 physics and technologies. FCUL offers 14 Bachelor Degrees, 3 Integrated Masters Degrees (endangered), 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 there, which provides interactions between people from different scientific domains, opening new paths and new visions. Intense laboratory activity, starting 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, who are today spreading into many companies and institutions, public and private, in Portugal and abroad.

The Degree 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 basic training in one of the strategic areas of FCUL. Experimental activity is strongly present in this cycle of studies, contributing to the development of critical thinking and encouraging students' oral and written communication. The traineeship in the last semester represents an opportunity for insertion in R&D projects, underway at FCUL research centers or ULisboa, or abroad, promoting education through the practice of research. The possibility of the traineeship being held in business environment is an added value of this degree, opening it to the job market outside the academy 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 /	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Ciências Físicas/Physics	CFIS	72	0	0 (ECTS optativos)
Engenharias e Tecnologias Físicas/Physical Engineering and Technologies	ETFIS	54	0	0 (ECTS optativos)
Ciências Matemáticas/Mathematical Sciences	CMAT	30	0	0 (ECTS optativos)
Ciência e Engenharia Informática/Science and Computer Engineering	CEI	6	0	0 (ECTS optativos)
Ciências e Tecnologias Químicas/Chemical Sciences and Technologies	CTQ	6	0	0 (ECTS optativos)
Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização/Business Administration, Management and Organization Sciences	CEGO	6	0	0 - 6 (ECTS optativos)
Formação Cultural, Social e Ética/Culture, Ethics, and Society	FCSE	0	0	0 - 6 (ECTS optativos)
Outra/Other	OUT	0	0	0 - 6 (ECTS optativos)
(8 Items)		174	0	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - N.A. - 1º Ano/1º semestre ; 1st year/1st semester

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 ; 1st year/1st semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral I/Differential and Integral Calculus I	CMAT	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Algebra Linear e Geometria Analítica/Linear Algebra and Analytic Geometry	CMAT	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Mecânica/Mechanics	CFIS	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Programação/Computer Programming	CEI	Sem	168	T-28; TP-14; PL-14	6	
Seminário de Engenharia Física/Engineering Physics Seminar	ETFIS	Sem	84	T - 21	3	
Opção/Option	CEGO/FCSE/OUT	Sem	84	-	3	Optativa (A fixar anualmente pela coordenação do CE/to be fixed annually by the coordination)

(6 Items)**Mapa III - N.A. - 1º Ano/2º semestre ; 1st year/2nd semester****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 ; 1st year/2nd semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral II/Differential and Integral Calculus II	CMAT	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Elementos de Probabilidades e Estatística/Elements of Probability and Statistics	CMAT	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Eletromagnetismo/Electromagnetism	CFIS	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Física Experimental I/Experimental Physics I	CFIS	Sem	168	T-14; PL-42	6	
Fundamentos de Química e Bioquímica/Fundamentals of Chemistry and Biochemistry	CTQ	Sem	168	T-28; TP-28; PL-14	6	

(5 Items)**Mapa III - N.A. - 2º Ano/1º semestre , 2nd year/1st semester****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/1º semestre , 2nd year/1st semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral III/Differential and Integral Calculus III	CMAT	Sem	168	T-42; TP-28	6	
Métodos Numéricos/Numerical methods	CFIS	Sem	168	T-28; PL-28	6	
Termodinâmica e Teoria Cinética/Thermodynamics and Kinetic Theory	CFIS	Sem	168	T-42; TP-21	6	
Ondas, Acústica e Ótica/Waves, Acoustics and Optics	CFIS	Sem	168	T-42; TP-21	6	
Física Experimental II/Experimental Physics II	CFIS	Sem	168	T-14; PL-42	6	

(5 Items)

Mapa III - N.A. - 2º Ano/2º semestre ; 2nd year/2nd semester

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/2º semestre ; 2nd year/2nd semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Circuitos Elétricos e Sistemas Digitais/Electrical Circuits and Digital Systems	ETFIS	Sem	168	T-28 ; TP-14 ; PL-28	6	
Física Experimental III/Experimental Physics III	CFIS	Sem	168	T-14 ; PL-42	6	
Eletrodinâmica Clássica/Classical Electrodynamics	CFIS	Sem	168	T-42 ; TP-21	6	
Economia e Gestão/Economics and Management	CEGO	Sem	168	T-28 ; TP-28	6	
Desenho Assistido por Computador/Computer Assisted Design	ETFIS	Sem	84	T-14 ; PL-21	3	
Opção/Option	CEGO/FCSE/OUT	Sem	84	-	3	Optativa/Optional

(6 Items)

Mapa III - N.A. - 3º Ano/1º semestre ; 3rd year/1st semester

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:

3º Ano/1º semestre ; 3rd year/1st semester

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Física Estatística/Statistical	CFIS	Sem	168	T-42 ; TP-21	6	

Physics

Mecânica Quântica/Quantum Mechanics	CFIS	Sem	168	T-42 ; TP-21	6
Física dos Meios Contínuos/Physics of Continuous Media	CFIS	Sem	168	T-42 ; TP-21	6
Eletrónica Analógica e Digital/Analog and Digital Electronics	ETFIS	Sem	168	T-28; TP-14; PL-28	6
Processamento de Sinal/Signal Processing	ETFIS	Sem	168	T-28; TP-21; PL-21	6

(5 Items)**Mapa III - N.A. - 3º Ano/2º semestre ; 3rd year/2nd semester****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:***3º Ano/2º semestre ; 3rd year/2nd semester***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Ciência e Tecnologia de Materiais/Materials Science and Technology	ETFIS	Sem	168	T-28; TP-21; PL-21	6	
Física e Tecnologia das Radiações/Physics and Technology of Radiations	ETFIS	Sem	168	T-28 ; PL-28	6	
Instrumentação/Instrumentation	ETFIS	Sem	168	T-42 ; PL-28	6	
Estágio em Engenharia Física/Engineering Physics Traineeship	ETFIS	Sem	336	OT - 28	12	

(4 Items)**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Cálculo Diferencial e Integral I***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Differential and Integral Calculus I***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***CMAT***4.4.1.3. Duração:***Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 42 ; TP - 28*

4.4.1.6. ECTS:

6,0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*Ana Rute do Nascimento Mendes Domingos ; 42hT + 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 – Aquisição das noções e técnicas básicas do cálculo diferencial e integral para funções reais de variável real, bem como algumas das suas aplicações.**B – Aquisição de noções sobre séries numéricas e séries de potências.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – To master the notions and basic techniques of differential and integral calculus for real valued functions of one variable, as well as some applications.**B – To master notions of infinite series and power series.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Sucessões reais: propriedades, subsucessões, limites*
2. *Séries de números reais: propriedades, convergência simples/absoluta, critérios de convergência*
3. *Funções: limites, continuidade, propriedades, limite da função composta. Teoremas de Bolzano e de Weierstrass*
4. *Derivadas: propriedades, interpretações geométrica e cinemática. Derivação da função composta e da inversa*
5. *Funções circulares inversas*
6. *Teoremas de Rolle e de Lagrange, Regra de Cauchy, e aplicações*
7. *Funções monótonas, extremos locais e absolutos*
8. *Problemas de optimização*
9. *Estudo de funções*
10. *Fórmula de Taylor com resto de Lagrange*
11. *Integral definido de uma função contínua e propriedades; teorema do valor médio*
12. *Integral indefinido, noção de primitiva, teorema fundamental do cálculo integral*
13. *Técnicas de primitivação*
14. *Aplicações: cálculo de áreas e volumes*
15. *Integrais impróprios*
16. *Séries de potências: raio e intervalo de convergência, derivação e integração termo a termo*
17. *Série de Taylor.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Sequences of real numbers: properties, subsequences, limits*
2. *Series of real numbers: properties, absolute/conditional convergence, criteria of convergence*
3. *Real valued functions of 1-variable: limits, continuity, properties, limit of composite functions. Theorems of Bolzano and Weierstrass*
4. *Derivatives: definition, geometric/cinematic interpretations. Differentiation of composite and inverse functions*
5. *Inverse circular functions*
6. *Theorems of Rolle and Lagrange, Cauchy rule and applications*
7. *Monotone functions, local and absolute extrema*
8. *Optimisation problems*
9. *Study of functions*
10. *Taylor's formula with Lagrange remainder*
11. *Definite integral of continuous functions and its properties, mean value theorem*
12. *Indefinite integrals, notion of antiderivative, the fundamental theorem of calculus*
13. *Techniques for computing antiderivatives*
14. *Calculation of areas and volumes*
15. *Improper integrals*
16. *Power series: radius and interval of convergence.*
17. *Taylor series*

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

Para atingir os objectivos A e B é necessário seguir as orientações dos docentes da disciplina, dadas nas aulas teóricas e nas teórico-práticas, nomeadamente:

- 1) estudar os conteúdos teóricos do programa, ministrados nas aulas teóricas e presentes na bibliografia sugerida;
- 2) resolver exercícios de aplicação do programa da disciplina, disponibilizados na lista proposta pelos docentes e também os da bibliografia sugerida.

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

To achieve objectives A and B it is necessary to follow the guidelines set by the faculty of the course, given in the lectures and the problem sessions, namely:

- 1) to study the theoretical contents of the syllabus, taught in the lectures and included in the suggested bibliography;
- 2) to solve the exercises pertaining to the course contents, set out in the list provided by the professors and those of the suggested bibliography

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Os conteúdos da disciplina são explicados e exemplificados nas aulas teóricas.

TEÓRICO-PRÁTICA: Nas aulas teórico-práticas os alunos resolvem exercícios e problemas sobre os conteúdos da componente teórica, sob a orientação dos docentes.

AValiação: A avaliação realiza-se exclusivamente através de avaliação escrita (exame final escrito) ou conjugando avaliação escrita, neste caso com um peso de 80% na nota final, com avaliação parcial, facultativa, que consiste na realização de um teste parcial, com o peso de 20% na nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The course contents are taught and examples are provided and explained in the lectures.

PROBLEM CLASSES: In the problem sessions students solve exercises and problems related to the theoretical material presented, under the guidance of the professors.

EVALUATION: Evaluation can consist exclusively on the sitting of a final written exam, or on the combination of the written exam, counting 80% of the final grade, with a mid-semester test, which will account for the remaining 20% of the final grade.

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

Tradicionalmente o ensino da Matemática ao nível universitário envolve dois tipos de aulas. Nas aulas teóricas os conceitos e métodos são explicados e exemplificados aos alunos, sendo aulas com um carácter expositivo. A resolução de exercícios, cuidadosamente seleccionados de modo a consolidar a aquisição e aplicação dos conceitos ministrados, é feita nas aulas teórico-práticas. Nestas aulas os alunos, divididos em turmas mais pequenas, colaboram activamente na discussão e na resolução dos problemas, dando sugestões e/ou colocando questões para clarificar as suas dúvidas. Esta é a metodologia de ensino que se tem implementado nesta unidade curricular.

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

Usually Mathematics courses taught at a university level consist of two types of classes. In the lectures concepts and methods are explained and exemplified to the students. In the problem sessions students, divided into smaller groups, solve carefully selected exercises in order to consolidate their knowledge. In these problem sessions students take a more active role, collaborating in the discussion and the solution of the exercises and seeking clarification of their questions. This is the methodology that has been implemented in this course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Barroso, A.C., Domingos, A.R. (2018). Apontamentos teóricos e folhas de exercícios de apoio à disciplina (2018)
- Salas, Hille and Etgen. (2007). Calculus, one and several variables. John Wiley and Sons
- Sarrico, C.. (2005). Análise Matemática. Gradiva
- Figueira, M. (1996). Fundamentos de Análise Infinitesimal. Coleção "Textos de Matemática", volume 5, Dep. de Matemática
- Stewart, J. (2006). Calculus. Brooks|Cole
- Apostol, T.. (1985). Cálculo. Editorial Revert
- Courant, R., John, F., (1965). Introduction to Calculus and Analysis, Springer

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Algebra Linear e Geometria Analítica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Linear Algebra and Analytic Geometry

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CMAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 42 ; 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):

Mário João de Jesus Branco ; 42htT + 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 – Facultar conceitos e resultados fundamentais de Álgebra Linear e Geometria Analítica.

B – Promover a aprendizagem e as capacidades de manipulação algébrica e de abstracção e raciocínio matemáticos, seja nas aulas teóricas, seja com a resolução de problemas nas aulas teórico-práticas e autonomamente.

C – Compreender as noções, resultados e técnicas básicos inerentes a matrizes, sistemas de equações lineares e espaços vectoriais assim como desenvolver a capacidade de os aplicar.

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

A – Provide concepts and fundamental results of Linear Algebra and Analytical Geometry.

B – Promoting learning and algebraic manipulation skills as well as mathematical abstraction and reasoning, either in lectures or with problem solving in tutorial classes or autonomously.

C – Students should understand the notions, results, and basic techniques inherent to matrices, linear equation systems and vector spaces as well as develop the ability to apply them.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Matrizes e sistemas de equações lineares reais e complexos: definições básicas; operações algébricas com matrizes, característica; método de eliminação de Gauss-Jordan; inversão de matrizes

2. Determinantes: definição; Teorema de Laplace; propriedades; aplicação aos sistemas de equações lineares e à inversão de matrizes

3. Espaços vectoriais abstratos: definição, subespaços; combinação linear e independência linear; bases e dimensão; coordenadas; espaços das linhas e colunas de uma matriz; soma e soma direta de subespaços; mudança de base

4. *Transformações lineares: definição; representação matricial; núcleo e imagem; isomorfismos; mudança de base*
5. *Valores e vetores próprios: definições; subespaços próprios; multiplicidades algébrica e geométrica; diagonalização de matrizes*
6. *Espaços euclidianos: produto interno; projeção ortogonal, base ortogonal, complemento ortogonal; produto externo em \mathbb{R}^3*
7. *Formas quadráticas: definição; formas definidas e indefinidas; caracterizações*

4.4.5. Syllabus:

1. *Matrices and real and complex systems of linear equations: basic definitions; algebraic operations on matrices, rank of a matrix; Gauss-Jordan elimination method; matrix inversion.*
2. *Determinants: definition; Laplace's Theorem; properties; application to systems of linear equations and to matrix inversion.*
3. *Abstract vector spaces: definition; subspaces; linear combination and linear independence; basis and dimension; coordinates; row and column spaces of a matrix; sum and direct sum of subspaces; change of basis.*
4. *Linear transformations: definition; matrix representation; kernel and image; isomorphisms; change of basis.*
5. *Inner product spaces: inner product; orthogonal projection, orthogonal base orthogonal complement; cross product in \mathbb{R}^3 .*
6. *Eigenvalues and eigenvectors: definitions; eigenspaces; algebraic and geometrical multiplicities; diagonalizability of a matrix.*
7. *Quadratic forms. Definitions; definite forms and indefinite forms; characterizations.*

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

Os conteúdos programáticos percorrem todas as parcelas mencionadas nos objetivos da unidade curricular e têm uma profundidade adequada a que um aluno atinja as competências, tanto ao nível do conhecimento como do raciocínio, estabelecidas nos referidos objetivos.

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

The syllabus covers every item of the objectives of the course and its depth is adequate for the student to accomplish the skills at the level of the knowledge as well as at the level of the reasoning stated in the objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas explanatórias.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de exercícios sobre a matéria dada nas aulas teóricas.

AValiação: A avaliação é escrita, eventualmente seguida de um exame oral. A componente escrita tem duas opções:

- *dois testes, um em novembro com a cotação de 9 valores e outro nas épocas de exames com a cotação de 11 valores;*
- *um exame final.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Explanatory teaching.

PROBLEM CLASSES: Exercises to explore the concepts and the results given in the theory classes.

EVALUATION: The evaluation is written, possibly followed by an oral exam. There are two options for the written component:

- *two tests, one in November with the maximum score of 9 points and the other one in the final examination period with the maximum score of 11 points;*
- *a written final exam.*

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

Para atingir os objetivos estabelecidos, as aulas teóricas são explanatórias, enquanto as teórico-práticas são de exploração das aulas teóricas, sobretudo feita à custa de resolução de exercícios pelos alunos acompanhados pelo professor. Esta divisão, em aulas teóricas e aulas teórico-práticas, permite aos alunos estudarem sozinhos a matéria

leccionada nas aulas teóricas para, depois, nas aulas teórico-práticas, a aprofundarem e esclarecerem as dúvidas, se necessário. Deste modo, um aluno deverá atingir as competências requeridas.

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

To achieve objectives, it is important to have theory classes with explanatory teaching and practice sessions to explore the content of the lectures, mostly by problem solving supervised by the professor. These two types of classes allow that the students can study the content of the lectures by themselves and, later, in the practice classes, explore it and ask for support, if necessary. In such a way, a student should achieve the required skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- I. Cabral, C. Perdigão e C. Saiago, *Álgebra Linear. Escolar Editora (várias edições).*
- A. P. Santana e J. F. Queiró, *Introdução à Álgebra Linear. Gradiva (2010).*
- H. Anton e C. Rorres, *Elementary Linear Algebra: applications version, John Wiley & Sons, Inc (várias edições).*
- L. Barreira e C. Valls, *Exercícios de Álgebra Linear. IST Press (2011).*
- S. Lipschutz, *Linear Algebra: Schaums outline of theory and problems; tradução para português: Álgebra Linear: teoria e problemas. McGraw-Hill (várias edições).*

Mapa IV - Mecânica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mechanics

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 - 42 ; 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):

António Joaquim Rosa Amorim Barbosa ; 42hT + 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 e saber traduzir matematicamente os conceitos fundamentais da Mecânica Newtoniana, com uma formulação matemática geral.

B – Saber aplicar as leis da Mecânica em situações novas.

C – Conhecer e saber utilizar as leis de transformação de observador inercial em mecânica newtoniana e a sua

generalização para relatividade restrita.

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

A – Be able to mathematically translate the fundamental concepts of Newtonian Mechanics, with a general mathematical formulation.

B - Know how to apply the laws of mechanics in new situations.

C - Know and use the laws of transformation of inertial observer in Newtonian mechanics and their generalization for special relativity.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Cinemática: Vectors posição, velocidade e aceleração. Movimentos rectilíneo, curvilíneo, circular e de projecteis. Velocidade e aceleração angulares.

2. Observadores inerciais: Movimento relativo e transformações de Galileu. Invariância da velocidade da luz e transformações de Lorentz. Dilatação do tempo e contração dos comprimentos.

3. Dinâmica: Leis de Newton. Momentos linear e angular. Momento de uma força. Atrito e resistência. Referenciais acelerados.

4. Trabalho e Energia: Trabalho e energia cinética. Teorema do trabalho-energia. Energia potencial. Conservação da energia mecânica.

5. Sistemas de partículas: Centro de massa. Momentos linear e angular. Sua conservação. Colisões.

6. Corpo rígido: Rotação. Momento de inércia. Momento angular. Movimento de rolamento.

7. Movimento oscilatório: Movimento harmónico simples (MHS). A mola e o pêndulo. Oscilações forçadas e amortecidas.

8. Interação gravitacional: Gravitação de Newton. Energia potencial gravítica. Leis de Kepler.

4.4.5. Syllabus:

1. Kinematics: Position, velocity and acceleration vectors. Rectilinear, curvilinear, circular and projectile movements. Angular velocity and acceleration.

2. Inertial Observers: Relative Motion and Galileo Transformations. Invariance of the speed of light and Lorentz transformations. Time dilation and length contraction.

3. Dynamics: Newton's Laws. Linear and angular moments. Momentum of a force. Friction and resistance. Accelerated referentials.

4. Work and Energy: Work and kinetic energy. Work-energy theorem. Potential energy. Conservation of mechanical energy.

5. Particle Systems: Center of Mass. Linear and angular momenta. Their conservation. Collisions.

6. Rigid body: Rotation. Momentum of inertia. Angular momentum. Rolling movement.

7. Oscillatory Motion: Simple Harmonic Motion (MHS). The spring and the pendulum. Forced and dampened oscillations.

8. Gravitational Interaction: Newton's Gravitation. Gravitational potential energy. Kepler's laws.

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

As matérias ensinadas são fundamentais para qualquer estudo dos temas desenvolvidos na disciplina e podem ser encontradas nos livros de referência neste assunto.

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

The subjects in the syllabus are fundamental to any study of the subjects discussed in the discipline and can be found in the reference books on this subject.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Expositiva envolvendo sempre que possível discussão com os alunos.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução e discussão de séries de problemas sobre a matéria dada nas aulas teóricas.

AValiação: Existem duas opções de avaliação.

Avaliação A: realização de um exame final.

Avaliação B: realização de dois testes, em substituição do exame final. O 1º teste será realizado no meio do semestre e o 2º na data do exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of the subjects. Involving whenever possible discussion with students.

PROBLEM CLASSES: Solving and discussing of series of problems on the subject given in lectures.

EVALUATION:

Option A: final exam.

Option B: Two tests to replace the final exam. The first test will be held mid-semester and the second on the final exam date.

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:

- *Raymond A. Serway e John W. Jewett, Jr., Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Thomson, Brooks|Cole, 6 ed, 2004.*
- *Marcelo Alonso e Edward J. Finn, Physics, Addison-Wesley Longman, 1992.*
- *Richard P. Feynman, Robert B. Leighton e Mathew Sands, The Feynman Lectures on Physics, volume I, Addison-Wesley Publishing Company.*
- *Página Moodle da disciplina, onde se encontram as séries de problemas e outro material de apoio.*

Mapa IV - Programação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computer Programming

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 - 14 ; PL - 14

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Carlos Eduardo Ramos dos Santos Lourenço ; 28hT + 14hTP + 14hPL

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):

Iniciação à aquisição de pensamento computacional através da resolução de problemas com recurso a algoritmos e métodos de programação básicos, usando uma linguagem de programação imperativa, que no caso é a linguagem C.

Introdução ao desenho e estruturação de programas de média escala e à aprendizagem de técnicas mais avançadas de análise de problemas.

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

Acquisition of a computational mind-set through problem-solving using basic algorithms and programming methods. An imperative programming language, the C language, is adopted. Introduction to the design and structure of medium-scale programs, and to the learning of more advanced problem-solving techniques.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução à Programação em C*
- *Estruturas de Controlo*
- *Funções*
- *Arrays*
- *Formatação Input/Output*
- *Apontadores*
- *Caracteres e cadeias de caracteres*
- *Estruturas na linguagem C*
- *Processamento de ficheiros*
- *Recursão*
- *Algoritmia e eficiência computacional*
- *Módulos e encapsulação de informação*
- *Uso de bibliotecas*
- *Introdução à programação orientada a objectos*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction to programming in C*
- *Control structures*
- *Functions*
- *Arrays*
- *Input/output formatting*
- *Pointers*
- *Characters and strings*
- *C Structs*
- *File processing*
- *Recursion*
- *Algorithmics and computational efficiency*
- *Modules and information encapsulation*
- *Libraries*
- *Introduction to object-oriented programming*

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

Os conteúdos programáticos correspondem a um currículo de referência em introdução à programação, conforme adoptado por um grande número de universidades a nível mundial. A linguagem C, através dos tipos de dados de que dispõe, e através das suas possibilidades funcionais e de modularização, é adequada a uma iniciação ao processamento de informação, incluindo o armazenamento e transformação de dados. Os tópicos seleccionados fornecem um conjunto de ferramentas básico para a resolução de problemas de índole computacional, ficando os alunos aptos a explorar futuramente temas mais avançados de algoritmia e de processamento de dados.

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

The course contents correspond to a reference curriculum of an introduction to programming, as adopted by several universities worldwide. The C language, through its available data types and its functional and modular capabilities, is suitable for an introduction to information processing, including the storing and transformation of data. The selected topics provide a basic set of tools for the solving of computational problems, while also enabling the students to subsequently explore more advanced subjects in algorithmics and data processing.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas teóricas de exposição da matéria.

TEÓRICO-PRÁTICA: Aulas teórico-práticas com apresentação de problemas e discussão de estratégias de resolução dos mesmos.

PRÁTICA LABORATORIAL: Aulas práticas laboratoriais com a concretização de programas informáticos em computador.

AVALIAÇÃO:

- Avaliação contínua baseada no trabalho realizado nas aulas teórico-práticas e práticas laboratoriais, eventualmente completado fora da sala de aula.

- *Projecto de investigação, envolvendo a análise de um problema, e o desenho e implementação de uma solução.*
- *Exame escrito final.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURE

Expository lectures for a first presentation of the course topics.

TUTORIAL

Tutorial sessions of two kinds: problem presentation and discussion of problem-solving techniques; lab sessions for computer program development.

EVALUATION: Student evaluation has three components:

- *continuous evaluation based on work performed in tutorial sessions — eventually completed outside the classroom;*
- *a research project comprising the analysis of a problem;*
- *design and implementation of a solution; final written exam.*

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

As principais técnicas computacionais, bem como a sintaxe essencial da linguagem de programação usada, são primeiramente explicadas nas aulas teóricas. Pela natureza da matéria, é conveniente explorar as técnicas de resolução em problemas concretos, para o que as aulas teórico-práticas são adequadas. As aulas práticas laboratoriais permitem concretizar os programas, com vantagens adicionais tais como a possibilidade de detectar e corrigir erros de programação (depuração de programas).

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

The main computational techniques, as well as the essential programming language syntax, are first explained in the expository lectures. The tutorial sessions conveniently complement the lectures by exploring problem-solving techniques with concrete problems. Lab sessions allow implementing computer programs, with additional advantages such as the possibility of detecting and correcting program errors (debugging).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Paul Deitel, C How to Program, Global Edition Paperback, 2016 [corresponde à 8th edition U.S.A., 2016], Pearson. ISBN-10: 129211097X . ISBN-13: 978-1292110974.*
- *António Adrego da Rocha, Introdução à Programação Usando C, 2006, FCA. ISBN: 978-972-722-524-8.*
- *António Adrego da Rocha, Estruturas de Dados e Algoritmos em C — 3ª Edição Revista e Aumentada, 2014, FCA. ISBN: 978-972-722-769-3.*

Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Cálculo Diferencial e Integral II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Differential and Integral Calculus II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CMAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 42 ; 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):***Ana Cristina Melo e Sousa Albuquerque Barroso ; 42hT + 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 - Adquirir as noções e técnicas básicas do cálculo diferencial e integral para funções reais e vectoriais de variável vectorial.**B – Saber aplicar cálculo diferencial e integral em áreas específicas.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – To master the notions and basic techniques of differential and integral calculus for real and vector valued functions of several variables.**B – To apply differential and integral calculus to specific situations.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. FUNÇÕES VETORIAIS DE UMA VARIÁVEL: limites, continuidade, derivadas e integrais, curvas (parametrização, vetor tangente, velocidade e aceleração, comprimento).**2. FUNÇÕES REAIS DE n VARIÁVEIS: limites e continuidade, derivadas parciais e direccionais, diferenciabilidade, gradiente, regra da cadeia, plano tangente e reta normal a uma superfície, derivação de funções implícitas, fórmula de Taylor, problemas de extremo, campos vectoriais, derivação, matriz Jacobiana.**3 - CÁLCULO INTEGRAL EM \mathbb{R}^n : o integral de Riemann de funções contínuas, integrais duplos e triplos, teoremas de Fubini e de mudança de variável, aplicações ao cálculo de grandezas geométricas ou físicas, mudanças de coordenadas (incluindo polares, cilíndricas e esféricas).**4 - CAMPOS VETORIAIS: divergência e rotacional, integral de linha, trabalho, campos conservativos, teorema de Green, superfícies parametrizadas, integrais de superfície, teoremas da divergência e de Stokes.***4.4.5. Syllabus:***1. VECTORIAL FUNCTIONS OF ONE VARIABLE: limits, continuity, derivatives and integrals, curves (parametrisation, tangent vector, velocity and acceleration, length).**2. REAL FUNCTIONS OF n VARIABLES: limits and continuity, partial and directional derivatives, differentiability, gradient, chain rule, tangent plane and straight line normal to a surface, derivation of implicit functions, Taylor's formula, extremal problems, vector fields, differentiation, Jacobian matrix.**3. INTEGRAL CALCULUS IN \mathbb{R}^n : the Riemann integral of continuous functions, double and triple integrals, theorems of Fubini and change of variables formula, applications to the calculation of physical and geometrical magnitudes, change of coordinates (including polar, cylindrical and spherical coordinates).**4. VECTOR FIELDS: divergence and curl, line integral, work, conservative fields, Green's theorem; parametrised surfaces, surface integrals, divergence and Stokes theorems.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Para atingir os objetivos A e B é necessário seguir as orientações dos docentes da disciplina, dadas nas aulas teóricas e nas teórico-práticas, nomeadamente:**1) estudar os conteúdos teóricos do programa, ministrados nas aulas teóricas e presentes na bibliografia sugerida;**2) resolver exercícios de aplicação do programa da disciplina, disponibilizados na lista proposta pelos docentes e também os da bibliografia sugerida.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***To achieve objectives A and B it is necessary to follow the guidelines set by the faculty of the course, given in the lectures and the problem sessions, namely:**1) to study the theoretical contents of the syllabus, taught in the lectures and included in the suggested bibliography;*

2) to solve the exercises pertaining to the course contents, set out in the list provided by the professors and those of the suggested bibliography.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Os conteúdos da disciplina são explicados e exemplificados nas aulas teóricas.

TEÓRICO-PRÁTICA: Nas aulas teórico-práticas os alunos resolvem exercícios e problemas sobre os conteúdos da componente teórica, sob a orientação dos docentes.

AValiação: A avaliação realiza-se exclusivamente através de avaliação escrita (exame final escrito) ou conjugando avaliação escrita, neste caso com um peso de 80% na nota final, com avaliação parcial, facultativa, que consiste na realização de um teste parcial, com o peso de 20% na nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The course contents are taught and examples are provided and explained in the lectures.

PROBLEM CLASSES: In the problem sessions students solve exercises and problems related to the theoretical material presented, under the guidance of the professors.

EVALUATION: Evaluation can consist exclusively on the sitting of a final written exam, or on the combination of the written exam, counting 80% of the final grade, with a mid-semester test, which will account for the remaining 20% of the final grade.

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

Tradicionalmente o ensino da Matemática ao nível universitário envolve dois tipos de aulas. Nas aulas teóricas os conceitos e métodos são explicados e exemplificados aos alunos, sendo aulas com um carácter expositivo. A resolução de exercícios, cuidadosamente selecionados de modo a consolidar a aquisição e aplicação dos conceitos ministrados, é feita nas aulas teórico-práticas. Nestas aulas os alunos, divididos em turmas mais pequenas, colaboram activamente na discussão e na resolução dos problemas, dando sugestões e/ou colocando questões para clarificar as suas dúvidas. Esta é a metodologia de ensino que se tem implementado nesta unidade curricular.

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

Usually Mathematics courses taught at a university level consist of two types of classes. In the lectures concepts and methods are explained and exemplified to the students. In the problem sessions students, divided into smaller groups, solve carefully selected exercises in order to consolidate their knowledge. In these problem sessions students take a more active role, collaborating in the discussion and the solution of the exercises and seeking clarification of their questions. This is the methodology that has been implemented in this course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Barroso, A.C., Domingos, A.R. (2019). *Apontamentos teóricos e folhas de exercícios de apoio à disciplina*
- Salas, Hille and Etgen. (2007). *Calculus, one and several variables. John Wiley and Sons*
- C. Sarrico. (2009). *Cálculo Diferencial e Integral para Funções de Várias Variáveis. Esfera do Caos*
- Stewart, J. (2006). *Cálculo*

Mapa IV - Elementos de Probabilidades e Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Elementos de Probabilidades e Estatística

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Elements of Probability and Statistics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CMAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral/One semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*T - 42 ; 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):*Joaquim Eduardo Gonçalves Severino ; 42hT + 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 – Aquisição de conhecimentos elementares de probabilidade e de algumas metodologias da estatística, como estimação pontual e intervalar, testes de hipóteses e regressão linear simples.**B – Capacidade de realização de análises preliminares de dados, bem como de fazer inferência estatística usando as metodologias dadas.**C – Sensibilização para o uso indevido de algumas metodologias estatísticas pela falta de verificação dos pressupostos do modelo.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – Acquisition of elementary knowledge on Probability and some statistical methodologies, such as point estimation and interval estimation, hypothesis testing and simple linear regression.**B – Ability to perform preliminary data analysis as well as statistical inference using the provided methodologies.**C – Awareness of the misuse of some statistical methodologies due to lack of verification of model assumptions.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. Definição de probabilidade c/ axiomática de Kolmogorov. Probab condicional. Teorema de Bayes
2. Variáveis aleatórias. Função de distribuição e momentos. Funções massa e densidade de probab
3. Distribuições Bernoulli, Binomial, Hipergeométrica, Binomial Negativa, Poisson, Uniforme, Exponencial e Normal (Gaussiana). Teorema Limite Central
4. Par aleatório discreto. Distribuições conjunta, marginais e condicionais
5. População e amostra. Representação gráfica. Medidas de localização/dispersão. A caixa-com-bigodes
6. Distribuições de amostragem
7. Estimação pontual. Método dos momentos
8. Intervalos de confiança, testes de hipóteses p/ a proporção de populações binomiais, valor médio e variância de populações gaussianas. Teste de ajustamento do qui-quadrado
9. Dados bivariados. Coeficiente de correlação empírico
10. Regressão linear simples. Recta de mínimos quadrados. Gráficos de resíduos. Testes e Intervalos de Confiança p/ os parâmetros da recta de regressão. Intervalo de Predição

4.4.5. Syllabus:

1. Definition of probability using Kolmogorov's axiomatic. Conditional probability. Bayes' theorem
2. Random variables. Distribution function and moments. Probability mass and probability density functions
3. Bernoulli, Binomial, Hypergeometric, Negative Binomial, Poisson, Uniform, Exponential, Normal Distributions. Central Limit Theorem
4. Discrete Random Pair. Joint, marginal and conditional distributions
5. Population and Sample. Graphical representation. Measures of location/dispersion. Box plot representation
6. Sampling distributions
7. Point estimation - method of moments
8. Confidence intervals and hypothesis testing for the proportion of Binomial populations and the mean value and variance of Normal populations. Chi-square goodness of fit test

9. *Bivariate data. Sampling correlation coefficient*

10. *Introduction to simple linear regression. Least squares regression line. Residuals charts. Tests and confidence intervals for the regression line parameters. Prediction interval*

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

O programa está de acordo com o carácter introdutório desta unidade curricular e com o propósito de dar algumas ferramentas de probabilidade e estatística que são utilizadas em outras unidades curriculares dos respectivos cursos.

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

The syllabus is in accordance with the introductory aspect of the course and with the purpose of providing some probability and statistics tools that are used in other courses of the respective programmes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição da matéria motivada pela apresentação de exemplos.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução e discussão de uma colectânea de exercícios sobre a matéria dada nas aulas teóricas.

AValiação: Exame final

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Exposure of the course contents, motivated by the presentation of examples.

PROBLEM CLASSES: Resolution and discussion of a collection of exercises on the contents lectured.

EVALUATION: Final exam

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

Para atingir os objetivos, é necessário expor o conteúdo da unidade curricular de maneira teoricamente fundamentada, complementada com exemplos e resolução de exercícios, a fim de fornecer cálculos e análises teóricas e práticas necessárias e úteis.

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

To achieve the objectives, it is necessary to expose the course contents in a theoretically grounded way, complemented with examples and exercises resolution, in order to provide necessary and useful theoretical and practical calculation and analysis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- MENDENHALL W.; BEAVER, R.; BEAVER, B. (1999). *Introduction to Probability and Statistics*, Duxbury Press.
- MENDENHALL W.; WACKERLY, D.D.; SCHEAFFER, R. (1996). *Mathematical Statistics with Applications*, Pws-Kent Publs. Comp..
- MOORE, DAVID S. (1996). *Statistics, Concepts and Controversies*, Freeman and Company, N.Y..
- PESTANA, D.; VELOSA, S. (2006). *Introdução à Probabilidade e à Estatística. Vol. I. 2.ª edição*, Fundação C. Gulbenkian.
- ROSS, SHELDON M. (2004). *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. 3.ª edição*, Elsevier/Academic Press.

Mapa IV - Eletromagnetismo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletromagnetismo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electromagnetism

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 - 42 ; 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):

Iveta Rombeiro do Rego Pimentel ; 42hT + 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 – Compreender os conceitos fundamentais do Eletromagnetismo, com a formulação integral das equações de Maxwell.

B – Saber aplicar as leis do Eletromagnetismo no estudo de diferentes sistemas físicos.

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

A – Understand the fundamental concepts of Electromagnetism, with the integral formulation of Maxwell's equations.

B - Know how to apply the laws of Electromagnetism in the study of different physical systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. CAMPO ELÉTRICO: Lei de Coulomb. Campo elétrico. Potencial elétrico. Energia potencial.

2. LEI DE GAUSS: Fluxo elétrico. Lei de Gauss. Distribuições de carga.

3. CAPACIDADE: Capacidade. Associação de condensadores. Energia num condensador. Dipolo elétrico. Dielétricos.

4. CORRENTE E RESISTÊNCIA: Corrente elétrica. Lei de Ohm. Resistência. Associação de resistências. Potência elétrica.

5. CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA: Força eletromotriz. Leis de Kirchhoff. Circuitos RC.

6. CAMPO MAGNÉTICO: Campo magnético. Força magnética. Dipolo magnético.

7. FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO: Lei de Biot-Savart. Lei de Gauss no magnetismo. Lei de Ampère-Maxwell. Magnetismo na matéria.

8. LEI DE FARADAY: Lei de Faraday. Lei de Lenz.

9. INDUTÂNCIA: Indutância. Energia num indutor. Circuitos RL, LC e RLC.

10. CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA: Resistências, indutores e condensadores em circuitos AC. Ressonância num circuito RLC.

11. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: Equações de Maxwell. Ondas eletromagnéticas

4.4.5. Syllabus:

1. *ELECTRIC FIELD – Coulomb’s law. Electric field. Electric Potential. Potential energy.*
2. *GAUSS’S LAW – Electric flux. Gauss’s law. Charge distributions.*
3. *CAPACITANCE – Capacitance. Combinations of capacitors. Energy in a capacitor. Electric dipole. Dielectrics.*
4. *CURRENT AND RESISTANCE – Electric current. Ohm’s law. Resistance. Combinations of resistors. Electrical power.*
5. *DIRECT CURRENT CIRCUITS – Electromotive Force. Kirchhoff’s rules. RC circuits.*
6. *MAGNETIC FIELD – Magnetic field. Magnetic force. Magnetic dipole.*
7. *SOURCES OF MAGNETIC FIELD - Biot-Savart’s law. Gauss’s law in magnetism. Ampère-Maxwell’s law. Magnetism in matter.*
8. *FARADAY’S LAW – Faraday’s law. Lenz’s law.*
9. *INDUCTANCE – Indutance. Energy in an inductor. RL, LC and RLC circuits.*
10. *ALTERNATING CURRENT CIRCUITS - Resistors, inductors and capacitors in AC circuits. Resonance in a RLC circuit.*
11. *ELECTROMAGNETIC WAVES – Maxwell’s equations. Electromagnetic waves.*

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

Os temas do programa cobrem o conhecimento fundamental do Eletromagnetismo e desenvolvem a capacidade de estudar diferentes sistemas físicos.

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

The program topics cover the fundamental knowledge of Electromagnetism and develop the ability to study different physical systems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição da matéria

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução e discussão de séries de problemas sobre a matéria dada nas aulas teóricas.

AVALIAÇÃO: Exame final escrito ou, em alternativa, dois testes escritos, um a meio do semestre e o outro na primeira época de exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Exposure of the subject.

PROBLEM CLASSES: Resolution and discussion of series of problems about the subject given in the lectures.

EVALUATION: Final written exam or, alternatively, two written tests, one in the middle of the semester and the other in the first exam.

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

A exposição da matéria fornece os conceitos fundamentais e a resolução e discussão de problemas aprofunda a compreensão da matéria e desenvolve a capacidade de estudar diferentes sistemas físicos. A forma de avaliação permite verificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

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

Exposure of the subject provides the fundamental concepts and problem solving and discussion deepens the understanding of the subject and develops the ability to study different physical systems. The form of assessment allows to verify the knowledge acquired by the students.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics: R. A. Serway and J. W. Jewett, Jr., 2019, 10th edition, Cengage*
- *Introduction to Electrodynamics: D. J. Griffiths 2017 4th edition, Cambridge University Press*
- *The Feynman Lectures on Physics, vol. II: R. Feynman, R. Leighton and M. Sands 1964 Addison-Wesley; California Institute of Technology, 2013*

Mapa IV - Física Experimental I**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Física Experimental I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Experimental Physics I

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 - 14 ; PL - 42

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 ; 14hT

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

Rui Jorge Lourenço Santos Agostinho ; 21hPL

Edgar Paiva Nunes Cravo ; 21hPL

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

A – Realizar montagens experimentais para estudo de fenómenos físicos, reconhecendo e utilizando correctamente vários instrumentos científicos. Aquisição de dados e identificação das incertezas associadas.

B – Introdução aos métodos de análise de dados e discussão crítica dos resultados e das suas incertezas

C – Consolidação de conceitos físicos nas áreas de Mecânica e Eletromagnetismo utilizando os resultados experimentais, através da compreensão dos fenómenos físicos e dos modelos aplicados.

D – Desenvolver competências para apresentação escrita e oral de resultados científicos.

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

A – Perform experimental assemblies to study physical phenomena, recognizing and correctly using various scientific instruments. Experimental results acquisition and corresponding uncertainties identification.

B – Introduction to data analysis methods and critical discussion of results and their uncertainties.

C – Consolidation of physical concepts in the areas of Mechanics and Electromagnetism using the experimental results, by understanding of the physical phenomena and their modelling.

D – Skills for written and oral presentation of scientific results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. **ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS:** três experiências simples para avaliar o processo de medida e as incertezas que afectam os resultados.
2. **PÊNDULO GRAVÍTICO:** movimento periódico e características, aceleração gravítica, aceleração normal e tangencial.
3. **ENERGIA CINÉTICA DE TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO:** rolamento versus arrastamento; conservação da energia mecânica e trabalho da força de atrito; energia cinética de um corpo rígido.
4. **ESTUDO DA DINÂMICA DE ROTAÇÃO:** dinâmica de rotação; momento angular e momento de inércia.
5. **OSCILADOR MECÂNICO:** movimento harmónico simples livre e amortecido.
6. **OSCILADOR MECÂNICO FORÇADO:** movimento harmónico forçado e o efeito de ressonância.
7. **LINHAS EQUIPOTENCIAIS DE UM CAMPO ELÉTRICO:** equipotenciais e linhas de campo à superfície de um condutor (meio condutor: água); campo eléctrico a partir das equipotenciais determinadas.
8. **CIRCUITOS ELÉCTRICOS dc:** lei de Ohm; resistências equivalentes a associações; circuito RC.

4.4.5. Syllabus:

1. **DATA ANALYSIS AND TREATMENT:** three simple experiments to evaluate the measurement process and the uncertainties that affect the results.
2. **GRAVITATIONAL PENDULUM:** periodic movement and characteristics, gravitational acceleration, normal and tangential acceleration.
3. **KINETIC ENERGY OF TRANSLATION AND ROTATION:** rolling versus drag; conservation of mechanical energy and friction force work; kinetic energy of a rigid body.
4. **STUDY OF DYNAMICS OF ROTATION:** dynamics of rotation, angular momentum and moment of inertia.
5. **MECHANICAL OSCILLATOR:** free and damped simple harmonic motion.
6. **FORCED MECHANICAL OSCILLATOR:** forced harmonic motion and resonance effect.
7. **EQUIPOTENTIAL LINES OF AN ELECTRIC FIELD:** the equipotential and field lines at the top surface of a conductor (conducting medium: water); the electric field from the equipotential map plotted for different configurations.
8. **ELECTRICAL CIRCUITS dc:** Ohm's law; equivalent resistance for R associations; RC circuit.

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

Objetivo A – a disciplina inclui 8 trabalhos experimentais que se baseiam em experiências físicas e em que se utilizam diferentes instrumentos científicos.

Objetivo B – O conteúdo do primeiro trabalho destina-se à compreensão das incertezas que afectam as medidas experimentais e da sua propagação nos cálculos; as incertezas e sua propagação são discutidas ao longo de todos os trabalhos experimentais

Objetivo C – as experiências realizadas exploram conceitos da Mecânica (movimentos acelerados, periódicos e oscilatórios, dinâmica de rotação e conservação de energia) e do Electromagnetismo (campo eléctrico e circuitos eléctricos). Os trabalhos introduzem e discutem diferentes modelos (pêndulo simples, oscilador harmónico simples, forças de atrito sólido e fluído, instrumentos de medida reais e ideais e condutor óhmico).

Objetivo D – Discutem-se várias formas de apresentação dos resultados e a estrutura de uma apresentação científica.

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

Objective A – The course includes 8 experimental works that are based on physical experiences and use different scientific instruments.

Objective B – The content of the first practical work is intended to study the uncertainties that affect experimental measurements and their propagation in calculations; uncertainties continue to be discussed throughout the other practical works.

Objective C – the experiments carried out explore concepts of mechanics (accelerated, periodic and oscillatory movements, dynamics of rotation and conservation of energy) and electromagnetism (electric field and electric circuits), where different models are discussed: simple pendulum, simple harmonic oscillator, solid and fluid friction forces, real and ideal measuring instruments and ohmic conductor.

Objective D – Different forms to present the experience results and the structure of a scientific presentation are discussed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: *Uma aula teórica precede os trabalhos experimentais para discussão das técnicas experimentais e dos conceitos físicos envolvidos. São propostas na página da UC (Moodle) algumas questões preparatórias a ser respondidas pelo aluno antes de iniciar o trabalho. Todo o material de apoio é facultado na página da disciplina.*

PRÁTICA LABORATORIAL: *Realização de experiências em grupo (3 alunos max). É exigido a realização de um caderno de laboratório que pode ser utilizado como elemento de consulta no teste escrito.*

AVALIAÇÃO: *A avaliação tem três componentes:*

- a) contínua: trabalhos práticos + resolução das questões prévias + relatório escrito de um trabalho + exposição oral de um trabalho diferente do que respeita o relatório - 62%*
- b) periódica: realização de teste no final do período de aulas - 33%*
- c) contínua: participação nas aulas de preparação e discussão dos trabalhos - 5%*

Atendendo à natureza desta unidade curricular, não existe exame final nas épocas normal e de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: *The experimental works are preceded by an 1h class for theoretical discussion of the experimental techniques and the physical concepts involved. Preparatory questions are proposed in the course page (Moodle) to be answered before the work. The support material is provided on the course page.*

LABORATORY: *Experimentation practice-work done in group (3 students max). It is required to have a laboratory notebook during practical work that can be used as a query element in the written test.*

EVALUATION: *The evaluation has three components:*

- a) continuous: practical work + resolution of prior questions + written report for an experience + oral presentation of a work different from that of the report - 62%*
- b) periodic: test at the end of the class period - 33%*
- c) continuous: participation in the classes of preparation and discussion of the works - 5%*

Due to the nature of this curricular unit, there is no final exam in the first and second assessment periods.

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

Para atingir o objectivo A, os alunos realizam 8 trabalhos experimentais em que utilizam diferentes instrumentos científicos e obtêm resultados que analisam e discutem durante as aulas práticas. Para além de realizarem a montagem experimental, são solicitados a tomar decisões quanto ao número de medidas a realizar e os instrumentos a utilizar tendo em consideração a precisão dos instrumentos acessíveis. No caso de existirem circuitos eléctricos, a montagem do circuito é sempre precedida pelo desenho do circuito no caderno de laboratório. Para além da aquisição manual de resultados utiliza-se também a aquisição automática de resultados utilizando uma interface "Data Studio" que permite registar a evolução das grandezas no tempo com detalhe e visualizar os resultados experimentais sob diferentes formas.

Para atingir o objectivo B, as grandezas e as suas incertezas são solicitadas e as relações entre as grandezas medidas são requeridas frequentemente através de diferentes representações (gráficas, pictóricas ou numéricas). É discutida a validade estatística dos resultados experimentais. A ferramenta EXCELL é introduzida para a representação e tratamento de dados sendo utilizado o pacote "Análise de dados" para obtenção de regressões lineares com incertezas associadas. Os alunos são introduzidos à linearização de relações exponenciais ou de potência, para poderem obter os parâmetros da relação por utilização da regressão linear. Discute-se a propagação das incertezas em cálculos para obtenção da incerteza final dos resultados. A utilização de algarismos significativos nas representações é fundamentada.

Para atingir o objectivo C as experiências exploram diferentes conceitos de Mecânica e Electromagnetismo, sendo os alunos chamados a medir directamente algumas grandezas e a calcular outras, por vezes de diferentes formas. Os resultados obtidos nas experiências são comparados com as previsões dos modelos estudados, discutindo-se as condições em que estes são válidos

Para atingir o objectivo D, os alunos são chamados a realizar um relatório detalhado sobre um dos trabalhos e uma apresentação oral sobre um segundo trabalho. Os alunos de cada turma assistem às apresentações dos 5 trabalhos diferentes que correspondem a essa turma, num período de aula previamente determinado, onde são convidados a colocar perguntas aos seus colegas.

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

To achieve Objective A, students perform 8 experimental works using different scientific instruments and obtain results that they analyze and discuss during practical classes. In addition to carrying out the experimental set-up, they are required to take decisions on the number of measures to be carried out and the instruments to be used taking into account the accuracy of the available instruments. In the case of electrical circuits, the circuit assembly is always preceded by the design of the circuit in the laboratory notebook. Besides the manual acquisition of results, the automatic acquisition of results using a "Data Studio" interface is also used to record the detailed evolution of the quantities in time and to visualize the experimental results in different ways.

To achieve objective B, quantities and their uncertainties are demanded, and the relationships between measured

quantities are often asked for, by using different representations (graphical, pictorial or numerical). The statistical validity of the experimental results is discussed. The EXCELL tool is introduced for data representation and processing, using the "Data analysis" package to obtain linear regressions with associated uncertainties. Students are introduced to the linearization of exponential or power relations, to be able to obtain the parameters of the relationship using linear regression. The propagation of uncertainties in calculations to obtain the final uncertainty of the results is discussed. The use of significant figures in the representations is well founded.

To achieve objective C, the experiments explore different concepts of Mechanics and Electromagnetism, and the students are called to directly measure some quantities and to calculate others, sometimes in different ways. The results obtained in the experiments are compared with the predictions of the studied models, discussing the conditions of their validity

To achieve Objective D, students are required to complete a detailed report on one of the practical work and an oral presentation on a second experiment. The students in each class attend the presentations of the 5 different works that correspond to this class, in a predetermined class period, where they are invited to ask questions to their colleagues.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Course slides and support documents in the course page (Moodle), Margarida Cruz 2018, 2019.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., *Physics for Scientists and Engineers*, Cengage Learning.
- Mandel, J., *The Statistical Analysis of Experimental Data*, 1964, Dover Publications Inc. New York.
- Squires, G. L., *Practical Physics*, Cambridge University Press, 4th Ed., 2001.
- Abreu, M. C., Matias, L., Peralta, L. F., *Física Experimental - Uma Introdução*, Editorial Presença, 1994.

Mapa IV - Fundamentos de Química e Bioquímica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos de Química e Bioquímica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Fundamentals of Chemistry and Biochemistry

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CTQ

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 ; PL - 14

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Maria da Estrela Borges de Melo Jorge ; 14hT + 14hTP + 7hPL

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

Maria Margarida Teixeira de Faria Meireles ; 14hT + 14hTP + 7hPL

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

O objectivo principal da unidade curricular Fundamentos de Química e Bioquímica é conseguir que os alunos

compreendam e dominem os fundamentos da Química e Bioquímica que servem de base à compreensão do mundo que nos rodeia. A disciplina pretende dotar os estudantes com a capacidade de compreender de como e porquê os átomos se combinam, formando substâncias e de como é possível deduzir as respetivas propriedades, a partir da sua composição e estrutura. É também crucial a compreensão do contexto físico, químico e biológico em que cada biomolécula funciona e da importância dos aspectos estruturais para a função das várias classes de moléculas biológicas. Outro objetivo é o desenvolvimento de capacidades em resolução de problemas quer qualitativa quer quantitativamente. Igualmente importante é a aprendizagem de boas práticas laboratoriais, executar experiências, interpretar resultados experimentais e tirar conclusões.

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

The overall objective of Fundamentals of Chemistry and Biochemistry is to provide the fundamental scientific background and practical training in Chemistry and Biochemistry that are the basis for the understanding of the world around us. The Chemistry course aims at providing the student with the capability of understanding how and why atoms combine to form substances and how the properties of these substances can be inferred from their composition and structure. Moreover, it is intended to understand of the physical, chemical, and biological context in which a biomolecule operates and the importance of structural aspects for the function of each class of biological molecules. A key general objective is the development of qualitative and quantitative problem-solving skills. Of comparable importance is to learn proper laboratory practices, execute experiments, interpret experimental results and draw reasonable conclusions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Átomos, estrutura eletrónica e propriedades periódicas.
- Ligação iónica, ligação covalente, eletronegatividade, estruturas de Lewis, carga formal, conceito de ressonância.
- Forma e geometria molecular, hibridação de orbitais atómicas, teoria da ligação de valência e teoria das orbitais moleculares.
- Estados da matéria e interações intermoleculares.
- Equilíbrios ácido base em solução aquosa: conceito de ácido e de base, pH e acidez.
- Cinética química, velocidade de uma reacção química, ordem de uma reacção, equação de Arrhenius.
- Electroquímica, reacções redox, células galvânicas e electrolíticas, potenciais padrão de eléctrodo, lei Nernst.
- O carbono e a química orgânica: grupos funcionais.
- Aminoácidos e proteínas. Enzimas, cofactores e coenzimas. Oses e ósidos.
- Lípidos: Ácidos nucleicos e nucleótidos. Noções gerais de metabolismo.
- Engenharia genética: noções gerais.

4.4.5. Syllabus:

- Atoms, electronic structure and periodic properties.
- Chemical bonds: ionic bonds, covalent bonds, electronegativity, Lewis structures, formal charge, resonance.
- Molecular shape and structure, the basic VSEPR model, valence-bond theory, hybridization of atomic orbitals, molecular orbital theory.
- States of matter and intermolecular interactions.
- Acid base equilibrium in aqueous solution, acid and bases concept, pH and acidity.
- Chemical kinetics, notion of the rate of a chemical reaction, rate laws and reaction order.
- Electrochemistry, redox reactions, standard reduction potentials, galvanic cells, spontaneity of redox reactions, Nernst equation.
- Carbon and organic chemistry: functional groups.
- Aminoacids and proteins. Enzymes, cofactors and coenzymes.
- Lipids. Carbohydrates. Nucleotides and nucleic acids. General concepts about metabolism.
- Genetic engineering, basic notions.

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

Os conteúdos programáticos foram concebidos e organizados de modo a abrangerem os fundamentos e aplicações dos tópicos mais importantes da Química e Bioquímica, que constituirão ferramentas úteis para os alunos aplicarem em futuros projetos.

Nas aulas teóricas são apresentados os conceitos fundamentais necessários para a compreensão dos fenómenos que estão na base da constituição, propriedades e transformação da matéria e serão discutidos alguns exemplos de aplicação. São propostos vários exercícios de aplicação dos conceitos e a sua resolução nas aulas e fora das aulas permitirá que o estudante adquira familiaridade com os mesmos. Através da execução de experiências laboratoriais, pretende-se que o estudante tenha adquirido as seguintes competências básicas: efetuar um conjunto de operações unitárias em Química laboratorial, planear e executar experiências laboratoriais de Química, interpretar resultados experimentais e elaborar relatórios de actividades laboratoriais.

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

The course contents were selected and designed to cover the fundamentals and applications of the most important topics of Chemistry e Biochemistry, which will provide students with useful tools to apply in future projects. Lectures will focus on the fundamental concepts required to understand the phenomena involved in of the constitution, properties and transformation of matter and some application examples will be presented and discussed. Students work out exercises applying the main concepts in class and outside of class, allowing them to acquire familiarity with the fundamental concepts. It is intended that at the end of the semester the student has acquired a basic training in chemistry laboratory techniques: to be able to perform correctly a set of basic unit operations in

laboratory chemistry, to plan and execute laboratory experiments in chemistry, interpret experimental results and prepare written reports of experimental activities.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICAS: são lecionados os conteúdos programáticos, recorrendo a meios audiovisuais (datashow) acompanhadas de quadro de giz.

TEÓRICO – PRÁTICAS: são resolvidos problemas para ilustrar os conceitos tratados. Fomenta-se a participação dos alunos, estimulando a sua capacidade de raciocínio e auto-aprendizagem.

LABORATÓRIO: os alunos realizam trabalhos práticos.

Para além das aulas, há períodos de atendimento semanais onde os estudantes têm oportunidade de esclarecer dúvidas. Os materiais utilizados nas aulas são facultados via serviços de eLearning da FCUL.

AValiação: A classificação final engloba a nota da componente teórica (70%) e a nota da componente prática (30%). Na avaliação da componente teórica os alunos podem optar por uma das seguintes duas vias: via testes (2 testes + 1 exame de recurso) ou via exames (1 exame + 1 exame de recurso).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Lectures comprise presentation of theoretical concepts using audiovisual aids (datashow).

PROBLEM CLASSES: these classes will be used to discuss the contents taught. The teacher's role will be to contextualize the problem, leading the group to solve it. This practice aims to promote student participation in class, stimulating their thinking ability and self-learning.

LABORATORY: In the laboratory classes, students perform laboratorial experiments.

Also, there are weekly periods of tutorials. The materials used in class will be made available online through the eLearning services of FCUL.

EVALUATION: The final grade is an average of theoretical (70%) and practical (30%) components. The students can choose one of two assessment routes: via tests (2 assessment tests + 1 second chance final exam) or via exams (1 final exam + 1 second chance final exam).

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

As metodologias de ensino e de aprendizagem visam o desenvolvimento integrado nos estudantes dos conhecimentos referidos nos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos e competências estabelecidos. As metodologias e a avaliação foram pensadas e implementadas tendo em conta a especificidade dos temas abordados, o desenvolvimento intelectual e o nível de conhecimentos dos alunos nesta fase do ciclo de estudos. A diversidade de metodologias e estratégias propostas tem por objetivo potenciar a abordagem da Química e Bioquímica numa perspetiva fundamental, procurando evidenciar diferentes níveis de análise, fomentando a integração de saberes.

Os métodos e estratégias propostos pretendem desenvolver nos estudantes conhecimentos, compreensão e competências ao nível da aplicação. A resolução deste tipo de desafios melhora muito com a prática, em especial para os alunos que têm menos facilidade. Assim, os estudantes são incentivados a resolver problemas e a interpretar o maior número possível de espectros ao longo do semestre, de forma a aprofundar as competências adquiridas e a melhorar a sua autonomia na aplicação em projetos futuros dos conceitos estudados.

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

The teaching methodologies and assessment have been thought and implemented considering the specificity of the scientific topics, the intellectual development and the level of knowledge of the students at the actual graduation stage.

Teaching and learning methods aim the knowledge of the contents referred to in the syllabus, reaching the targeted goals and competencies. The diverse methods aim to approach Chemistry and Biochemistry from a fundamental perspective, seeking to highlight different levels of analysis, fostering an integrated knowledge.

The proposed strategies aim to develop students' knowledge, understanding and skills on the application of the studied concepts in future projects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- P. W. Atkins, L. Jones, *Chemical Principles*, W. H. Freeman and Company, New York, 2010
- R. Chang, K. Goldsby, *Química*, McGraw Hill, 2013.

Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral III

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Cálculo Diferencial e Integral III**4.4.1.1. Title of curricular unit:***Differential and Integral Calculus III***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***CMAT***4.4.1.3. Duração:***Semestral/One semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T - 42 ; 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 Teresa Faria da Paz Pereira ; 42hT + 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 – Familiarizar o estudante com: os fundamentos e técnicas elementares das equações diferenciais ordinárias (EDOs) escalares e sistemas lineares de EDOs; uma introdução a séries e transformada de Fourier e exemplos das suas aplicações a equações com derivadas parciais; a teoria básica das funções analíticas de uma variável complexa.

B – Ensinar a aplicar os conhecimentos em diversas áreas científicas, nomeadamente da Física.

C – No final do curso, o estudante deve saber resolver problemas de nível introdutório e médio nos tópicos abordados no curso.

D – Usar equações diferenciais na resolução de modelos matemáticos simples ligados às ciências; usar as fórmulas integrais de Cauchy e do teorema dos resíduos para calcular integrais complexos ao longo de caminhos fechados.

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

A – To familiarize the student with: the elementary theory and techniques of scalar ordinary differential equations (ODEs) and linear systems of ODEs; an introduction to Fourier series and Fourier transform and their applications to solve partial differential equations (PDEs); the basic theory of analytic functions of one complex variable.

B – To teach how to apply the knowledge acquired in several scientific areas, namely in Physics.

C – By the end of the course, the student should be able to solve problems of introductory and middle level on the topics discussed in this course.

D – To use differential equations to solve simple mathematical models used in sciences; to evaluate contour complex integrals by using the Cauchy integral formulas or the residues theorem.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Equações Diferenciais Ordinárias: generalidades e exemplos; métodos elementares de integração de equações diferenciais escalares; aplicações a modelos de dinâmica populacional e do movimento; equações escalares lineares

de ordem n ; sistemas lineares de 1ª ordem; teorema de existência e unicidade (local); método de Picard.

2. Séries de Fourier trigonométricas; teorema de Fourier, identidade de Parseval; convergência pontual e em média quadrática; aplicação a equações com derivadas parciais; equações do calor e das ondas.

3. Cálculo com variável complexa: números complexos (forma polar, raízes); funções complexas de variável complexa; funções exponencial, trigonométricas, logaritmos; funções holomorfas; equações de Cauchy-Riemann; integral de caminho; teorema de Cauchy; fórmulas integrais de Cauchy e aplicações; séries de Taylor; zeros de funções analíticas; séries de Laurent; singularidades; cálculo de resíduos; aplicações. Transformada de Fourier; propriedades e aplicações.

4.4.5. Syllabus:

1. Ordinary Differential Equations: generalities and examples; elementary methods of integration of scalar differential equations; applications to models from population dynamics and motion; n -th order linear scalar equations; linear systems of 1st order; existence and uniqueness (local) theorem; Picard iteration.

2. Trigonometric Fourier series; Fourier theorem, Parseval identity; pointwise and quadratic mean convergences; applications to the study of partial differential equations; heat and vibrating string equations.

3. Complex Calculus: complex numbers (polar form, roots); complex functions of complex variable; exponential, trigonometric functions, logarithms; holomorphic functions; Cauchy-Riemann equations; contour integrals; Cauchy theorem; Cauchy integral formulas and applications; Taylor series; zeros of analytic functions; Laurent series; singularities; calculation of residues; applications. Fourier transform; properties and applications.

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular, destinada a alunos de um 1º ciclo nas áreas da Física, são os habituais numa disciplina introdutória de Cálculo focada na Análise Complexa e em Equações Diferenciais. Considera-se que os conhecimentos adquiridos neste curso são suficientes que para um aluno evolua e adquira as competências básicas referidas nos objectivos.

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

The contents of this course, designed for students of a 1st cycle (undergraduate degree) in the areas of Physics, are standard for an introductory course of Calculus focused in Complex Analysis and Differential Equations. It is considered that the knowledge acquired in this course is appropriate for the students to evolve and acquire the required skills mentioned in the above goals.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição dos conteúdos programáticos com motivação aos diversos assuntos, algumas demonstrações, exemplos e aplicações.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de exercícios e de problemas sobre os conteúdos da componente teórica.

AVALIAÇÃO: Exame final escrito e, eventualmente, um exame oral. Opcionalmente, dois testes durante o semestre.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The course contents are taught in expository lectures, where motivation, examples, some proofs and applications are provided and explained.

PROBLEM CLASSES: Problem solving, of problems related to the theoretical material presented in the lectures.

EVALUATION: Final written examination and possibility an oral examination. Two optional written tests during the semester.

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

Nas aulas teóricas, os conceitos, algumas provas (ou ideias para provas) e métodos são explicados e exemplificados aos alunos.

Nas aulas teórico-práticas, onde exemplos aprofundados da teoria são também discutidos, a resolução de exercícios cuidadosamente seleccionados permite ao aluno médio ficar habilitado a resolver os problemas tipo.

A metodologia utilizada permitirá aos estudantes desenvolver a sua capacidade de raciocínio abstracto, e aproximar-se dos objectivos em termos de conhecimentos e competências.

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

Concepts, some proofs (or ideas for proofs) and methods are explained in the lectures, and examples are given.

In the problem sessions, we discuss examples that help to understand the theory exposed in the lectures and solve

carefully selected exercises, in order to consolidate the students' knowledge and give them the means to solve the standard problems of the course.

The methodology used will make the students develop their capacity for abstract thinking, and approach the aims of the course in terms of knowledge and skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- T. Faria (2018). *Equações Diferenciais. Apontamentos teóricos fornecidos pela docente da disciplina.*
- L. Barreira (2015). *Análise Complexa e Equações Diferenciais. IST Press (3 ed.), Lisboa, 2015*
- M.A. Carreira e M.S.M. Nápoles (2016). *Variável Complexa - Teoria Elementar e Exercícios Resolvidos. Textos de Matemática, DM-FCUL, Lisboa, 2016*
- L. Ahlfors (1979). *Complex Analysis: an introduction to the theory of analytic functions of one complex variable. McGraw-Hill, 3rd edition, 1979*
- M. Braun (1993). *Differential Equations and their Applications. 4th Ed., Springer-Verlag, 1993*
- R. Churchill (1960). *Complex Variables and Applications. Mc-GRAW-HILL, 2nd edition, 1960*
- J.E. Marsden, M.J. Hoffman (1999). *Basic Complex Analysis. W. H. Freeman and Company, 3rd ed., New York, 1999*
- M. Ramos (2011). *Curso Elementar de Equações Diferenciais. Textos de Matemática, volume 14, DM-FCUL (3 ed.), Lisboa, 2011*
- J. Stewart (2006). *Cálculo, Vol. II. 5a ed., Thomson, S. Paulo, 2006*

Mapa IV - Métodos Numéricos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Métodos Numéricos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Numerical Methods

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 ; 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):

Cristovão de Sousa Dias ; 28hT

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

Nuno Miguel Azevedo Machado de Araújo ; 28hPL

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

A – Conhecer os algoritmos fundamentais em métodos numéricos.

B – Adquirir a habilidade de escolher o método apropriado para cada problema específico.

C – Conseguir interpretar resultados numéricos.

D – Conseguir implementar algoritmos numéricos de forma simples e eficiente numa linguagem de programação.

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

A – Understand the fundamental algorithms in numerical methods.

B – Acquire the ability to choose the proper method for each specific problem.

C – Be able to analyze numerical results.

D – Implement numerical algorithms in a simple and efficient way using a programming language.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Apresentação da disciplina; Introdução aos métodos numéricos; Representação de inteiros e reais no computador; Erros de arredondamento.

2. Raízes de uma função: Método gráfico; Método da Bisseção; Método de Newton; Método da Secante; Otimização de uma função: Método do número de ouro; Método do gradiente; Método de Newton; Algoritmo genético;

3. Sistemas de equações: Método de substituição inversa; Eliminação de Gauss; Escolha parcial de pivot; Decomposição LU; Método de Gauss-Seidel; Método de Newton

4. Integração numérica: Regra do Trapézio; Regra de Simpson; Integração de Romberg

5. Equações diferenciais ordinárias: Método de Euler; Runge-Kutta de ordem 2; Runge-Kutta de ordem 4

6. Análise de dados: Retirar significado dos dados; Séries temporais; Processamento de imagens; Regressões, Método dos mínimos quadrados; Algoritmos de clustering (kmeans); Redução de dimensionalidade (PCA); Redes complexas; Machine learning.

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction to numerical methods: Representation for integer and real numbers. Rounding errors.

2. Roots of a function: Graphical method; Bisection method; Newton method; Secant method; Optimization of a function: Golden number method; Gradient descent; Newton method; 2D Gradient descent; Genetic algorithms;

3. System of equations: Back substitution; Gauss elimination; Pivoting; LU Factorization; Gauss-Seidel; Newton method

4. Numerical integration: The trapezoidal rule; Simpson's rule; Romberg integration

5. Ordinary differential equations: Euler's method; 2nd order Runge-Kutta; 4th order Runge-Kutta.

6. Data analysis: Find significance from data; Temporal series; Image processing; Regression; Least-squares method; Clustering algorithms (k-means); Dimensionality reduction (PCA); Complex networks; Machine learning.

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

Para atingir o objetivo A, é necessário que frequente as aulas teóricas.

Para atingir os objetivos B, C, e D é necessário que frequente as aulas práticas e entregue os relatórios.

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

To accomplish the objective A, it is necessary to attend the theoretical classes.

To accomplish the objectives B, C, and D, it is necessary to attend the laboratory classes and deliver the reports.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição das diferentes técnicas na aula teórica. Participação dos alunos nas aulas fortemente encorajada através da discussão das vantagens e limitações de cada uma das técnicas.

PRÁTICA: Implementação de técnicas.

AVALIAÇÃO:

Exercícios práticos (60%) – Entrega de 10 relatórios (com o código correspondente) em grupos de 3 (escolhidos aleatoriamente todas as aulas). Serão contabilizados os melhores 8 trabalhos para a média. Avaliação de 0 a 20. A participação em 8 aulas práticas é obrigatória e a avaliação da prática deverá ser superior a 9.5 valores.

Exame final (40%) – Exame escrito com avaliação de 0 a 20 valores (obrigatório). A nota final será uma média ponderada da componente prática e exame.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Introduction to different techniques during the theoretical class. The active participation of students during the class is encouraged through constant discussion about the advantages and limitations of the different techniques.

PRACTICAL: Implementation of the techniques

EVALUATION:

Laboratory (60%): Deliver 10 reports (with the corresponding code) forming groups of 3 students (randomly chosen in each class). Only the 8 best reports are considered. The classification of the reports is on a scale of 0 to 20. It is mandatory to participate in, at least, 8 laboratory classes and get a final minimum evaluation of 9.5

Final exam (40%): Written exam (mandatory) with a classification on a scale of 0 to 20. The final score will be a weighted average of the laboratory and exam score.

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

Para atingir os objetivos estabelecidos, deve assistir as aulas teóricas e deve implementar todas as técnicas propostas nas aulas práticas.

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

To accomplish the proposed objectives it is necessary to attend all the theoretical classes and implement all techniques proposed during the laboratory classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Steven C. Chapra, *Applied Numerical Methods with Matlab*, McGraw Hill, International Edition, 2012
- Alfio Quateroni and Fausto Saleri, *Scientific computing with Matlab and Octave*, Springer-Verlag, Berlin, 2006.
- William H. Press, et al., *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing (third edition)*, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- Alejandro L. Garcia, *Numerical Methods for Physics*, CreateSpace Independent Publishing Platform, San José, 2015.
- Joel Grus, *Data Science from Scratch: First Principles with Python*, O'Reilly Media, 2015.

Mapa IV - Termodinâmica e Teoria Cinética**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Termodinâmica e Teoria Cinética

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Thermodynamics and Kinetic Theory

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 - 42 ; TP - 21

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):

Patrícia Ferreira Neves Faisca ; 42hT + 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 – Conhecer e saber aplicar os conceitos fundamentais da física térmica, com especial incidência na termodinâmica e na teoria cinética dos gases.

B – Conhecer os aspectos fundamentais da estrutura formal da termodinâmica de forma a resolver problemas concretos neste contexto.

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

A – Know how to apply the fundamental concepts of thermal physics, with special focus on thermodynamics and kinetic theory of gases.

B – Students should be able to understand the concepts and the structure of thermodynamics in order to be able to solve problems in this context.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA TÉRMICA. Lei zero da termodinâmica.

2. A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA. Energia interna, trabalho e calor.

3. A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA. O ciclo de Carnot. Teorema de Claussius e entropia. A equação fundamental da termodinâmica. Temperatura termodinâmica.

4. TERMODINÂMICA EM ACÇÃO. Potenciais termodinâmicos. Equação de Euler. Equação de Gibbs-Duhem. Análise formal dos potenciais termodinâmicos.

5. APLICAÇÕES DA TERMODINÂMICA. Introdução às transições de fase. A equação de van der Waals. Mais termodinâmica para além do gás ideal: a barra elástica, superfície líquida e sistemas magnéticos.

6. A TERCEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.

7. INTRODUÇÃO À TEORIA CINÉTICA DOS GASES. A distribuição de Maxwell-Boltzmann. Propriedades dos gases.

4.4.5. Syllabus:

1. FUNDAMENTAL CONCEPTS OF THERMAL PHYSICS. Zeroth Law of thermodynamics.

2. THE FIRST LAW. Internal energy, work and heat.

3. THE SECOND LAW. The Carnot cycle. Claussius theorem and entropy. The fundamental equation of thermodynamics. Thermodynamic temperature.

4. THERMODYNAMICS IN ACTION. Thermodynamic potentials. Euler equation. Gibbs-Duhem equation. Formal analysis of thermodynamic potentials.

5. APPLICATIONS OF THERMODYNAMICS. Introduction to phase transitions. The van der Waals equation. More thermodynamics beyond the ideal gas: elastic bar, liquid surface and magnetic systems.

6. THE THIRD LAW.

7. INTRODUCTION TO KINETIC THEORY. Maxwell-Boltzmann distribution. Properties of gases.

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

O programa está estruturado por ordem crescente de complexidade de conceitos e aspectos formais que vão sendo ilustrados nas aulas teóricas e teórico-práticas (TPs) recorrendo a vários exemplos e aplicações. A resolução de uma extensa lista de exercícios nas TPs permite adquirir uma maior familiarização e consolidação das matérias lecionadas nas aulas teóricas.

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

The course's syllabus is structured by increasing order of complexity of the concepts and formal aspects of the theory, which are illustrated by means of several examples and applications. By solving an extensive list of problems in the exercise classes the students get more familiarized and acquire a higher level of consolidation of the materials taught in the theory classes.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição oral e escrita no quadro da matéria e discussão aprofundada dos conceitos fundamentais. Os alunos são também envolvidos nesta reflexão participando ativamente através de quizzes conceptuais e da discussão

de aparentes paradoxos. Os conteúdos programáticos são em geral objecto de aplicação imediata na aula teórica em que se reserva algum tempo para a resolução participada de alguns problemas.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução e discussão de séries de problemas sobre a matéria dada nas aulas teóricas. A participação ativa dos alunos é ainda mais intensa nas aulas TPs. Em cerca de um terço das TPs é apresentado um problema de desafio que fica a cargo de um grupo de dois voluntários encarregues de apresentar no quadro a resolução na aula seguinte.

AVALIAÇÃO: Exame final ou exame final (75%) e trabalho de grupo que consiste na resolução de um conjunto de problemas representativos e na escrita de um ensaio sobre um tópico selecionado da matéria (25%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Oral and written exposition of the theory in the blackboard and deep discussion of the fundamental concepts. The students are involved in this reflexion and actively participate in the theory classes by solving conceptual quizzes and discussing apparent paradoxes with the lecturer. In a fraction of the theory classes a slot of time is reserved to solve problems that illustrate the theory immediately upon its presentation

PROBLEM CLASSES: Resolution and discussion of problems and exercises focused on the materials delivered in the theory classes. The students are encouraged to participate more actively in the exercise classes. In particular, in about one third of the classes two volunteered students are challenged to solve a selected problem in the blackboard in the up-coming class.

EVALUATION: Final exam or final exam (75%) and group work that comprises solving a set of representative problems and writing an essay focused on a selected topic of the syllabus (25%).

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

Os tópicos que constituem o conteúdo programático são apresentados por ordem crescente de complexidade utilizando uma abordagem de exposição que põe em foco o nível de sofisticação dos conceitos e dos aspectos formais. As aulas teóricas e TPs são desenvolvidas e apresentadas de forma integrada de forma a facilitar a compreensão e consolidação dos conteúdos programáticos. Procura-se estimular nos alunos o desenvolvimento e a partilha de ideias através de discussões nas aulas, de forma a mantê-los motivados para o esclarecimento dos conceitos e aprofundamento das matérias. A exposição da teoria não é feita de forma fechada, antes procura suscitar nos alunos a dúvida e a curiosidade, ponto de partida para a sua intervenção ativa formulando questões e desafiando-se mutuamente a procurar respostas para essas questões.

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

The theory is presented and delivered in order of increasing complexity by means of an approach that highlights the level of conceptual sophistication and the theory's formal aspects. The theory and exercise classes are delivered in tandem and in an integrated manner in order to facilitate and consolidate the understanding of the syllabus. The course seeks to stimulate in the students the ability to share ideas through discussions that keep them motivated for deepening their understanding of the fundamental concepts. The theory is not presented in a closed manner being instead delivered in a way that seeks to trigger a feeling of curiosity and uncertainty that stimulate an active participation of the students through question raising while at the same time challenging themselves to find the answer.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Concepts in Thermal Physics: Stephen J. Blundell and Katherine M. Blundell, 2006*
- *Thermodynamics, Enrico Fermi, Dover*
- *The Laws of Thermodynamics, a very short introduction, Peter Atkins, Oxford*

Mapa IV - Física Experimental II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Experimental II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Experimental Physics II

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 - 14 ; PL - 42

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):

Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde ; 14hT

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

Mário Manuel Silveira Rodrigues ; 21hPL

Gina Maria Costa Caetano ; 21hPL

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

A – Consolidar conceitos físicos previamente adquiridos nas áreas do Eletromagnetismo e da Termodinâmica através da realização de experiências nestas áreas do conhecimento.

B – Estimular o interesse pela atividade experimental e o desenvolvimento de competências na discussão crítica de metodologias, técnicas e resultados.

C – Desenvolver competências de apresentação escrita e oral de resultados científicos.

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

A – To consolidate previously acquired physical concepts in the areas of Electromagnetism and Thermodynamics by performing experiments in these areas of knowledge.

B – To stimulate interest in experimental activity and the development of competences in the critical discussion of methodologies, techniques and results.

C – To develop written and oral presentation skills of scientific results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Campo magnético de um solenóide.

2. Força electromotriz induzida.

3. Indutância magnética.

4. Oscilações forçadas num circuito RLC.

5. Temperatura e termometria.

6. Calorimetria: capacidade calorífica e calor latente.

7. 1ª Lei da Termodinâmica. Equivalente mecânico e eléctrico da caloria.

8. Lei dos gases ideais. Máquina térmica.

4.4.5. Syllabus:

1. Magnetic field of a solenoid.

2. Electromotive force

3. Magnetic Inductance.

4. Forced oscillations in an RLC circuit.

5. *Temperature and thermometry.*
6. *Calorimetry: heat capacity and latent heat.*
7. *1st law of thermodynamics. Mechanical and electrical equivalent of the calorie.*
8. *Ideal gas law. Heat engine.*

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

Nesta unidade curricular são abordados dois temas da física clássica: electromagnetismo e termodinâmica. Os conteúdos programáticos são estudados experimentalmente de forma a relacionar os fundamentos teóricos destas duas áreas do conhecimento com experiências-chave que demonstram os seus princípios e leis. Os alunos têm a oportunidade de consolidar conceitos teóricos e desenvolver capacidades experimentais. Os trabalhos laboratoriais propostos fazem parte da formação de base de cursos de Física e Engenharia.

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

The topics covered in this course address two themes of classical physics: electromagnetism and thermodynamics. The contents of both topics are studied experimentally in order to relate the fundamentals of these two areas with key experiments that demonstrate their principles and laws. Students have the opportunity to consolidate theoretical concepts and develop experimental skills. The proposed laboratory work is part of the basic training of any university course on Physics and Engineering.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas de preparação/discussão dos trabalhos laboratoriais.

LABORATORIO: Realização experimental de várias experiências relacionadas com electromagnetismo e termodinâmica

AVALIAÇÃO:

(a) Componente laboratorial (contínua): desempenho individual do aluno no laboratório em todas as aulas práticas, incluindo resposta às questões colocadas; relatório (de grupo) escrito, sobre um dos trabalhos experimentais; apresentação oral de um trabalho experimental diferente. Esta componente contribui em 62% para a classificação final.

(b) Realização de um teste escrito final sobre os trabalhos realizados. A classificação do teste contribui em 33% para a classificação final.

(c) Os restantes 5% são atribuídos à participação nas aulas teóricas de preparação/discussão das técnicas experimentais e dos conceitos físicos envolvidos, que antecedem a realização dos trabalhos experimentais.

Atendendo à natureza desta unidade curricular, não existe exame final nas épocas normal e de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Classes devoted to the preparation / discussion of the laboratory works.

LABORATORY: Experimental conduction of various experiments related to electromagnetism and thermodynamics

EVALUATION: The course evaluation takes into consideration the following three components:

(a) Laboratory component (continuous): student's individual performance in the laboratory in all practical classes; written (group) report on one of the experiments; oral presentation of a different experimental work. This component contributes 62% to the final rating.

(b) Final written test focussing on the works performed. The test grade contributes 33% to the final grade.

(c) The remaining 5% is attributed to the participation in the theoretical classes of preparation / discussion of experimental techniques and physical concepts involved, which precede the experimental work.

Given the nature of this course, there is no final exam in the first and second evaluation periods

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

- A disciplina é uma disciplina experimental cujas aulas consistem em uma hora semanal de preparação / discussão do trabalho a realizar (comum a todas as turmas) e quatro horas no laboratório para a sua realização e exploração. As aulas de discussão prévia dos trabalhos práticos são parte integrante das aulas práticas da disciplina e consideradas fundamentais para o funcionamento eficiente da atividade laboratorial, pelo que a sua frequência é tomada em consideração na avaliação.

- Os trabalhos experimentais a realizar são em número de oito agrupados em duas séries. A informação correspondente é disponibilizada na página Moodle, contendo textos de apoio e a apresentação do trabalho experimental.

- Cada aluno deverá possuir um caderno de laboratório com folhas fixas, onde todos os detalhes sobre os trabalhos experimentais, resultados, tratamentos e conclusões devem ser registados. Este caderno deve ser utilizado em todas as aulas práticas, podendo ser usado como elemento de consulta no teste final da disciplina.

- No final da 1ª série de trabalhos, cada grupo deverá entregar um relatório escrito sobre um dos trabalhos realizados. Cada grupo deverá ainda realizar uma exposição oral acerca de um dos trabalhos da 2ª série.

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

The course is an experimental course whose classes consist of a weekly hour of preparation / discussion of the experiments to be performed and four hours in the laboratory for their realization and exploration. The discussion classes are an integral part of the practical classes and considered fundamental for the efficient operation of the laboratory activity. Therefore, their attendance by the students is taken into account in the evaluation.

There are eight experimental works to be grouped in two series. The corresponding information is available on the Moodle page, containing supporting texts and the presentation of the experimental work.

Each student should have a laboratory notebook with fixed sheets, where all details about the experimental work, results, treatments and conclusions should be recorded. This notebook should be used in all practical classes and can be used as a reference element in the final test of the course.

At the end of the first series of four experimental works, each group will be required to submit a written report on one of the works performed. Each group should also hold an oral presentation on one of the works of the 2nd series.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *"Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics", R.A. Serway and J.W. Jewett*
- *Textos de apoio e guiões das actividades experimentais, página "Moodle" da unidade curricular*

Mapa IV - Ondas, Acústica e Ótica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ondas, Acústica e Ótica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Waves, Acoustics and Optics

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 - 42 ; TP - 21

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 ; 42hT

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

João Miguel Pinto Coelho ; 21hTP

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

A – Conhecer as características e descritores gerais dos fenómenos ondulatórios, com especial ênfase nos de natureza mecânica e electromagnética (EM).

B – Conhecer os principais conceitos físicos da acústica.

C – Identificar os principais enquadramentos dos fenómenos luminosos (aproximações geométrica, ondulatória e prepara-se a ligação com a fundamentação electromagnética da luz, a cobrir em Electrodinâmica Clássica, no semestre seguinte).

D – Saber explicar os fenómenos da luz que sejam de conhecimento e utilização geral, ou que possam ser directamente percebidos.

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

A - Know the characteristics and general descriptors of wave phenomena, with special emphasis on those of mechanical and electromagnetic (EM) nature.

B - Know the main physical concepts of acoustics.

C - Identify the main frameworks of the light phenomena (geometric, wave approximations while preparing the link with the electromagnetic description of light, to be covered in Classical Electrodynamics in the following semester).

D - Understand light phenomena that are of general knowledge and use, or that can be directly perceived.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A – ONDAS

- 1. Descritores: amplitude, fase, polarização, frequência, velocidade*
- 2. Condições fronteira, impedâncias*
- 3. Ondas: harmónicas; planas, parabolóides e esféricas; estacionárias; solitões*
- 4. Interferências*
- 5. Modulação; grupos, batimentos; espetro*

B - ACÚSTICA

- 1. Ondas mecânicas: meios, velocidade; impedâncias; reflexão, refração, dispersão, absorção*
- 2. Intensidade, potência e pressão; dB; fontes*
- 3. Ultrassons: ensaios não-destrutivos, imagens*

C – ÓTICA GEOMÉTRICA

- 1. Princípios: Fermat, Huygens*
- 2. Reflexão (quádricas), Refração*
- 3. Conjugação, aprox. paraxial, pontos cardinais; aberrações; stops*
- 4. Olho, Microscopias, Telescópios*

D – ÓTICA ONDULATÓRIA

- 1. Eq de ondas; ondas planas, esféricas, paraxiais, gaussianas*
- 2. Interferometria: tipos; duas ondas ou feixes múltiplos*
- 3. Difracção: propagação, aproximações; Fourier; exemplos (aberturas, redes); resolução*

E – ÓTICA EM

- 1. Fenómenos de superfície (reflexão, refração, eq. Fresnel) e volume (Lorentz, Drude)*
- 2. Ótica não-linear*

4.4.5. Syllabus:

A - WAVES

- 1. Descriptors: amplitude, phase, polarization, frequency, velocity*
- 2. Boundary conditions, impedances*
- 3. Waves: harmonics; flat, paraboloid and spherical; stationary; solitons*
- 4. Interference*
- 5. Modulation; groups, beats; spectrum*

B - ACOUSTICS

- 1. Mechanical waves: media, velocity; impedances; reflection, refraction, dispersion, absorption*
- 2. intensity, power and pressure; dB; sources*
- 3. Ultrasound: non-destructive testing, imaging*

C - GEOMETRIC OPTICS

- 1. Principles: Fermat, Huygens*

2. *Reflection (quadratics), Refraction*
3. *Conjugation, paraxial approximation, cardinal points; aberrations; stops*
4. *Eye, Microscopes, Telescopes*

D - WAVE OPTICS

1. *wave equation; plane, spherical, paraxial, gaussian waves*
2. *Interferometry: types; two waves or multiple beams*
3. *Diffraction: propagation, approximations; Fourier; examples (apertures, gratings); resolution*

E – EM OPTICS

1. *Surface (reflection, refraction, Fresnel eq.) and volume phenomena (Lorentz, Drude)*
2. *Nonlinear Optics*

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

Sendo a 1ª disciplina que incide sobre as temáticas que compõem a sua designação, a sequência de conteúdos é relativamente convencional, embora se pretenda reforçar as características comuns dos fenómenos ondulatórios, apesar das idiosincrasias dos diversos meios e a grande variedade de tipos de ondas.

Apresentam-se conhecimentos de Acústica e Óptica, tanto na perspectiva da sua fundamentação como das aplicações, privilegiando-se, todavia a parte de Óptica, mais presente nas actividades de I&D da FCUL e actualmente considerada, através da fotónica, um "enabler" para a sociedade da informação, através das nano-tecnologias e dos novos paradigmas computacionais.

Procura-se que os alunos tenham contacto com bibliografia de referência de modo a, autonomamente, poderem prosseguir estudos e interessar-se por aplicações.

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

Being the first discipline that focuses on the themes that make up its name, the sequence of contents is relatively conventional, although it is intended to reinforce the common characteristics of wave phenomena, despite the idiosyncrasies of the various media and the wide variety of wave types.

Knowledge of Acoustics and Optics is presented, both from the perspective of its foundation and from the applications. Priority will be given to themes of Optics, which is more relevant for FCUL's R&D activities and is currently considered, through photonics, an enabler for the information society, through nano-technologies and new computational paradigms.

Students are expected to have contact with reference bibliography so that they can independently pursue studies and know much more about applications of light.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: *Expositiva*

TEÓRICO-PRÁTICA: *Aulas assistidas de apoio à resolução de problemas*

AValiação:

Exame final, ou, em alternativa, 2 testes:

1º teste a 30% do semestre (~30%)

2º teste (~70% coincidente com a 1ª data de exame).

Os alunos conhecerão um documento intitulado "Síntese dos Objectivos de Aprendizagem", que identifica, e de certo modo, prioriza, os conceitos e relações mais importantes. Neste contexto, as provas de avaliação consistem num teste com um número elevado (cerca de 100) de perguntas teóricas (V ou F) simples, cobrindo todas as partes da matéria e, sobretudo, a maior parte dos objectivos de aprendizagem, e cerca de 20 problemas práticos com 4 opções cada. Os alunos têm acesso a um formulário de fórmulas (usado, aliás, durante o curso).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: *Expository*

PROBLEM CLASSES: *Assisted classes to support problem solving*

EVALUATION:

Final exam or alternatively 2 tests:

1st test at 30% of the semester (~ 30%)

2nd test (~ 70% coincident with 1st exam date).

Students will be aware of the document entitled "Learning Objectives Synthesis" which identifies, and somewhat prioritizes, the most important concepts and relationships. In this context, the assessment tests consist of a test with a high number (around 100) of simple theoretical questions (V or F), covering all parts of the subject and, most of all, the learning objectives, and about 20 problems with 4 options each. Students have access to a glossary of formula (also used during the course).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Tratando-se de uma UC do 3º semestre de um 1º ciclo, a exposição anterior com os conteúdos é ínfima, e os conceitos e principais modelos explicativos têm de ser apresentados de uma forma estruturada. Todavia, pretende-se que os alunos se concentrem nos conceitos e nos possíveis paradigmas explicativos e não nas equações, razão pela qual é disponibilizado um formulário de equações que eles podem usar mesmo nos actos de avaliação.

Procura-se promover uma ligação complexa entre o conhecimento da base física dos fenómenos luminosos, por um lado, e, por outro, sistemas e aplicações integradas, que mobilizam conhecimentos diversos e que podem ser utilizadas para promover a componente prática e a sensibilidade para a engenharia dos alunos de Engenharia Física e de Engenharia Biomédica.

Alguma componente laboratorial da disciplina está incluída em Física Experimental III.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
It is a course in the 3rd semester of a 1st cycle, students' previous exposition with the contents is scarce, and the concepts and main explanatory models must be presented in a structured way.

However, it is intended that students focus on concepts and possible explanatory paradigms rather than on equations, which is why a glossary of formula is available to be used in classes and assessment acts.

The aim is to promote a link (which is complex) between the physical basis of light phenomena, on the one hand, and integrated systems and applications, on the other hand, knowing that systems and application integrate different pieces of knowledge and can be used to promote engineering skills on students of Engineering Physics and Biomedical Engineering.

The laboratory component of the course is included in Experimental Physics III.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Introduction to the Physics of Waves, Freegard T, Cambridge University Press, 2013.*
- *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (10ª ed), R. A. Serway, J. W. Jewett, Jr., Brooks/Cole, 2019 (Caps. 16, 17, 18).*
- *Fundamentals of Photonics (2ª ed.), Saleh B E A, Teich M C, 2007, John Wiley&Sons, Inc. (Caps. ***)*
- *Optics, Hecht E, 2002, Fundação Gulbenkian, 2002*
- *Introduction to Fourier Optics, J. W. Goodman, 3rd ed, 2005, Roberts and Co.*

Mapa IV - Circuitos Eléctricos e Sistemas Digitais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Circuitos Eléctricos e Sistemas Digitais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electrical Circuits and Digital 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; TP - 14; 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 Maria Longras Figueiredo ; 28hT + 14hTP

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

Agostinho da Silva Gomes ; 28hPL

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

A – Familiarizar os alunos com os conceitos e as técnicas de análise essenciais para a compreensão do funcionamento de circuitos eléctricos e de sistemas digitais.

B – Estudar os princípios de operação de componentes e de dispositivos electrónicos, e desenvolver capacidades de análise de circuitos electrónicos e de sistemas digitais usando métodos analíticos e ferramentas de simulação.

C – Ser capaz de projectar e montar circuitos electrónicos em placas de teste, e analisar a sua operação usando o multímetro e osciloscópio e ferramentas computacionais.

D – Criar competências de análise de circuitos eletrónicos e desenvolver atitudes de trabalho em laboratório fundamentais para posteriores cursos em Electrónica e Instrumentação.

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

A - Familiarize students with the concepts and analysis techniques essential for understanding the operation of electrical circuits and digital systems.

B - Study the principles of operation of electronic components and devices, and develop analysis capabilities of electronic circuits and digital systems using analytical methods and simulation tools.

C - Be able to design and assemble electronic circuits on test boards, and analyze their operation using the multimeter, oscilloscope and computer tools.

D - Create skills on analysis of electronic circuits and develop attitudes of laboratory work fundamental for subsequent courses in Electronics and Instrumentation.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Elementos de Circuitos e Leis Fundamentais
2. Técnicas Sistemáticas de Análise de Circuitos
3. Princípio da sobreposição, teoremas de Thévenin e de Norton
4. Circuitos com Fontes Dependentes
5. Amplificador Operacional e Aplicações
6. Análise de Circuitos Dinâmicos (no Tempo e na Frequência)
7. Circuitos com Díodos e Aplicações
8. Representação de Informação em Sistemas Digitais
9. Funções e Portas Lógicas
10. Circuitos Combinatórios de Média Dimensão (MSI)
11. Introdução aos Circuitos Sequenciais
12. Conversores Analógico-Digitais (ADCs) e Digital-Analógicos (DACs).

4.4.5. Syllabus:

1. Circuit Elements and Fundamental Laws
2. Systematic Circuit Analysis Techniques
3. Principle of superposition, Thévenin and Norton theorems
4. Circuits with Dependent Sources
5. Operational Amplifier and Applications
6. Analysis of Dynamic Circuits (in Time and Frequency)
7. Diode Circuits and Applications
8. Information Representation in Digital Systems
9. Logic Functions and Logic Gates
10. Medium Dimension Combinatorial Circuits (MSI)
11. Introduction to Sequential Circuits
12. Analog to Digital Converters (ADCs) and Digital to Analog Converters (DACs).

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

Por forma a atingir os objectivos A e B, o estudo começa com a revisão dos conceitos de electromagnetismo essenciais à compreensão do funcionamento de circuitos eléctricos simples, prosseguindo com a análise de circuitos contendo apenas componentes eléctricos elementares. De seguida são discutidas as técnicas de análise de circuitos e apresentadas ferramentas de simulação. A análise analítica e a simulação de circuitos abrangem o estudo das dinâmicas temporais e as respostas em frequência. O objectivo C é atingido através da realização de sessões

laboratoriais onde os alunos implementam, após estudo prévio, e caracterizam circuitos funcionais representativos. Para atingir o objectivo D, a abordagem privilegia o desenvolvimento de capacidades de discernimento crítico no que se refere ao emprego dos conceitos e das técnicas de análise de circuitos eléctricos e electrónicos, e a discussão das aplicações dos circuitos funcionais mais representativos.

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

In order to achieve objectives A and B, the study begins by reviewing the concepts of electromagnetism essential to understanding the operation of simple electrical circuits. Then it continues with the analysis of circuits containing elemental electrical components, introducing the circuit analysis techniques and simulation tools. Analytical analysis and circuit simulation include the study of temporal dynamics and frequency responses. Objective C is achieved by conducting laboratory sessions where students implement, after previous study, and characterize representative functional circuit blocs. In order to achieve objective D, the approach focuses on promotion of critical insight into the use of electrical and electronic circuit analysis concepts and techniques, and discussion of the applications of the most representative functional circuits.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Atividade expositiva, onde são trabalhados os conteúdos usando o quadro e meios audiovisuais, onde também é dada orientação aos alunos para a abordagem da bibliografia.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de exercícios e problemas de aplicação tipo, a análise qualitativa e quantitativa dos modelos de representação de componentes e/ou circuitos. Sempre que oportuno são usadas ferramentas de simulação.

PRÁTICA LABORATORIAL: Realização de montagens e teste de circuitos. Compreende sessões de trabalho autónomo e de actividade em sala de aula. Trabalho autónomo a realizar antes da aula: estudo e simulação de circuitos. Atividade em sala de aula: montagem de circuitos, teste e análise de resultados. Trabalho autónomo posterior à aula: análise dos resultados e composição do material a usar na apresentação oral (ver avaliação)

AVALIAÇÃO: Avaliação contínua da prática laboratorial and apresentação oral dos resultados obtidos em duas das aulas práticas; exame final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Expository activity, where the contents are worked using the board and audiovisual media, where students are also given guidance on how to approach the bibliography.

PROBLEM CLASSES: Resolution of exercises and problems of application type, the qualitative and quantitative analysis of models of representation of components and / or circuits. Whenever appropriate simulation tools are used.

LABORATORY CLASSES: Assembly and testing of circuits. It comprises self-employment and classroom activity sessions. Autonomous work to be done before class: study and simulation of circuits. Classroom activity: circuit assembly, test and analysis of results. Autonomous work after class: analysis of the results and composition of the material to be used in the oral presentation (see evaluation).

EVALUATION: Continuous assessment of laboratory practice and oral presentation of the results obtained in two of the practical classes; Final exam.

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

Por forma a atingir os objetivos A e B, os conceitos são apresentados e discutidos usando circuitos com configurações de fácil perceção, sendo considerados com detalhe todos aspetos que facilitem a aprendizagem, tirando partido de noções e conceções de outras áreas de conhecimento que sejam familiares aos alunos.

A abordagem dos temas é feita partindo dos casos/exemplos mais simples para os mais complexos, garantindo que o aluno, em cada fase da discussão, tem oportunidade de compreender, qualitativa e quantitativamente, o significado e a aplicabilidade dos assuntos em análise, as etapas das metodologias próprias das técnicas de análise, a função e o princípio de operação dos componentes, e a funcionalidade e aplicabilidade dos circuitos 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 e problemas tipo que ajudam a consolidar a aprendizagem dos conceitos, promovem o treino no emprego das metodologias de análise, e a análise crítica da aplicabilidade dos modelos usados para representar os componentes e circuitos reais.

Nas atividades da prática laboratorial é proposto o estudo de circuitos tipo que os alunos montam em placas de teste seguida da caracterização e análise. Para cada sessão laboratorial é disponibilizado o guia do trabalho, onde estão definidos os objetivos, e é indicado o procedimento a seguir. As componentes de trabalho autónomo (anterior e posterior à atividade em sala de aula) são claramente definidas no guia, sendo fundamental que o aluno as realize. Estas componentes podem incluir o dimensionamento, a análise analítica e/ou a simulação de circuitos. O emprego de ferramentas de simulação e teste é fortemente estimulado, servindo como elemento de motivação para o estudo fora das horas de contacto. Os alunos contam sempre com o apoio dos docentes nas várias as fases do processo de ensino-aprendizagem.

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

In order to achieve the objectives A and B, the concepts are presented and discussed using circuits with configurations of easy perception, considering in detail all aspects that facilitate learning, taking advantage of notions and conceptions of other areas of knowledge that are familiar to the students.

The approach of the themes is made from the simplest cases to the most complex, ensuring that the student, in each phase of the discussion, has the opportunity to understand, qualitatively and quantitatively, the meaning and applicability of the subjects under analysis, the methodologies proper of the analysis techniques, the function and principles of operation of the components, and the functionality and the applicability of the devices and circuits under consideration.

In the theoretical classes we present the syllabus, and discuss the operation principles and the functionality and the applicability of the circuits under analysis.

Theoretical-practical sessions comprise problem-solving exercise, discussion of problems that help to consolidate the concepts, training of the analysis methodologies, and the critical analysis of the applicability of the models used to represent the real components and circuits.

In the laboratory practice activities it is proposed the study of basic circuits blocks that students have to assemble on test breadboard in order to perform their characterization and analysis. For each laboratory session a work guide is provided which defines the objectives, and presents a possible procedure. The components of autonomous work (before and after the classroom activity) are clearly defined in the guide, and it is essential that the student performs them. These components may include the determination of circuit parameters, the analytical analysis and / or circuit simulation. The use of simulation and testing tools is strongly encouraged, serving as a motivating element for study outside of contact hours. Students are always supported by the lecturers at various stages of the teaching-learning process.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *"Basic engineering circuit analysis", J. David Irwin, R. Mark Nelms, 11.ª edição, John Wiley & Sons, Inc. 2015.*
- *"Logic and Computer Design Fundamentals," M. Morris Mano, Charles R. Kime, Tom Martin, 5.ª Edição, Pearson Higher Education, Inc., 2015;*
- *"Electronics Fundamentals: Circuits, Devices and Applications", Thomas L. Floyd, David L. Buchla, 8.ª Edição, Pearson Education Limited 2014.*
- *"Digital Fundamentals," Thomas L Floyd, Global Edition (11e), Pearson Education Limited, 2014;*
- *Slides das aulas teóricas; Guias das aulas laboratoriais.*

Mapa IV - Física Experimental III**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Física Experimental III

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Experimental Physics III

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 - 14 ; PL - 42

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):

Daniel Galaviz Redondo ; 14hT + 42hPL

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 – Consolidar conceitos físicos nas áreas da Física de Ondas e da Mecânica Quântica através da realização de experiências nestas áreas do conhecimento.

B – Reforçar a capacidade experimental dos alunos no laboratório, estimulando as suas competências de análise da metodologia experimental, análise dos resultados e discussão dos mesmos.

C – Desenvolver competências para apresentação escrita e oral de resultados científicos.

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

A – Consolidate physical concepts in the fields of Wave Physics and Quantum Mechanics through the execution of experiments in these research areas.

B – Reinforce the experimental ability of the students in the laboratory, stimulating their competences in the analysis of the experimental methodology, results and discussion.

C – Develop skills related to the presentation in written and oral forms of scientific results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Propagação unidimensional de ondas: a corda vibrante; modos estacionários

2. Propagação unidimensional de ondas: ondas electromagnéticas num cabo coaxial

3. Óptica geométrica

4. Interferência de Ondas

5. Micro-ondas e polarização de ondas eletromagnéticas

6. Corpo negro: lei de Stefan Boltzmann e distribuição espectral da radiação

7. Níveis atômicos e espectros de emissão de gases; a constante de Rydberg

8. Efeito fotoelétrico e a constante de Planck

4.4.5. Syllabus:

1. Unidimensional wave propagation: a vibrating string; standing waves

2. Unidimensional wave propagation: electromagnetic waves in a coaxial cable

3. Geometrical optics

4. Wave interference

5. Micro-waves and electromagnetic wave polarization

6. Black body radiation; Stefan Boltzmann's law and spectral distribution of radiation

7. Atomic levels and gas emission spectra; Rydberg's constant

8. Photoelectric effect and Planck's constant

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

Coerência com objetivo A - a disciplina inclui 8 trabalhos experimentais que se baseiam em experiências físicas que estudam o comportamento de ondas e em conceitos desenvolvidos na física moderna no início do século XX, nas quais se utilizam diferentes instrumentos científicos.

Coerência com objetivo B – no processo de preparação e realização das experiências, os alunos têm a oportunidade de consolidar conceitos teóricos e desenvolver capacidades experimentais à volta dos mesmos.

Coerência com objetivo C – são discutidas diferentes formas de apresentação de resultados, assim como a estrutura de uma apresentação científica.

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

Objective A coherence – the course includes 8 experimental works that study the behavior of waves and concepts developed in modern physics at the beginning of the XX century, using different instruments.

Objective B coherence – in the process of preparing and performing the experiments, students have the opportunity to consolidate theoretical concepts and to develop experimental skills on the considered topics.

Objective C coherence – different forms to present the results are discussed, as well as the structure of a scientific presentation.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA : Preparação dos trabalhos com exposição da matéria e dos métodos a utilizar no laboratório.

PRÁTICA LABORATORIAL: Aulas práticas obrigatórias, em laboratório, para a realização das experiências acima descritas. Nestas aulas, far-se-á também tratamento de dados e análise dos resultados obtidos e estabelece-se a relação entre teoria e experiência.

AVALIAÇÃO: A avaliação tem três componentes:

(a) contínua : trabalhos práticos + resolução das questões prévias + relatório escrito de um trabalho + exposição oral de um trabalho diferente do a que respeita o relatório - 62%;

(b) periódica : realização de teste no final do período de aulas - 33%;

(c) contínua : participação nas aulas de preparação e discussão dos trabalhos (5%).

Atendendo à natureza desta unidade curricular, não existe exame final nas épocas normal e de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Lectures in which the theoretical background and the experimental methods to be used in the laboratory will be presented.

LABORATORY: Compulsory laboratory classes to perform the above mentioned experimental works. During the classes, students will treat and analyse the obtained results, establishing the relation between the theoretical concepts and the experimental results.

EVALUATION:

The evaluation has three components:

(a) continuous: practical work + resolution of prior questions + written report for an experience + oral presentation of a work different from that of the report (62%);

(b) periodic: test at the end of the class period (33%);

(c) continuous: participation in the classes of preparation and discussion of the works (5%).

Due to the nature of this curricular unit, there is no final exam in the first and second assessment periods.

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

De forma a atingir o objetivo A, a disciplina consta de aulas divididas em uma hora semanal de preparação/discussão do trabalho a realizar (comum a todas as turmas) e quatro horas no laboratório para a sua realização e exploração. Uma vez que as aulas de discussão prévia ao laboratório são consideradas fundamentais para o correto e eficiente funcionamento da atividade laboratorial, a sua frequência é tomada em consideração na avaliação.

Ao abrigo do objetivo B, os alunos agrupam-se em grupos de até 3 elementos. Cada aluno deve possuir um caderno de laboratório com folhas fixas, no qual deverá registar todos os detalhes sobre o trabalho experimental a realizar, resultados, tratamento e conclusões obtidas. O caderno deverá ser usado em todas as práticas, podendo ser utilizado como elemento de consulta no teste final da disciplina. No fim de cada aula experimental, os estudantes em grupo deverão entregar um resumo dos resultados obtidos e conclusões (em grupo) atingidas, sendo necessário o trabalho e discussão em equipa durante a aula laboratorial.

Para atingir o objetivo C, os alunos são chamados a realizar um relatório detalhado sobre um dos trabalhos e uma apresentação oral sobre um segundo trabalho.

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

In order to achieve goal A, the course includes one hour/week of preparation/discussion class around the experiment to perform (common to all students) and four hours of laboratory work. Since the discussion classes are an integral part of the practical classes and considered fundamental for the efficient operation of the laboratory activity, their attendance by the students is taken into account in the evaluation.

Considering goal B, students form groups up to 3 elements. Each student must have a laboratory logbook in which all details about the experimental work to be performed, measured data, results, data treatment and conclusions should be reflected. The logbook must be used in all experiments and can be used during the final test of the course. At the end of each experimental class, students must deliver, as a group, a summary of the obtained results and the

conclusions reached, motivating the discussion within the group during the experimental class.

To achieve Objective C, students are required to complete a detailed report on one of the practical work and an oral presentation on a second experiment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Raymond A. Serway e John W. Jewett, Jr., Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Thomson, Brooks/Coles, 6ª edição, 2004;*
- *H. J. Pain, The Physics of Vibrations and Waves, 6ª edição, Wiley, 2007.*

Mapa IV - Eletrodinâmica Clássica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletrodinâmica Clássica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Classical Electrodynamics

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 - 42 ; TP - 21

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 Pedro Oliveira Mimoso ; 42hT + 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 - Apresentar os conceitos da Eletrodinâmica Clássica que complementam os previamente introduzidos na UC de Electromagnetismo. O primeiro objectivo consiste na apresentação da teoria de Maxwell na forma diferencial e da formulação intrinsecamente relativista da eletrodinâmica. O segundo objetivo consiste na consideração e caracterização das propriedades eletromagnéticas dos campos em meios materiais, dielétricos e com propriedades magnéticas. O terceiro objectivo é o do tratamento das ondas eletromagnéticas, mormente da caracterização dos fenómenos em superfícies de descontinuidade entre meios, nomeadamente da questão da continuidade dos campos.

B - Compreender, assimilar e dominar os fundamentos teóricos da matéria lecionada.

C - Desenvolver competências por forma a compreender e resolver problemas sobre a matéria dada, já a um nível intermédio de dificuldade.

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

A - The main objective of the syllabus consists in presenting concepts which extend those of the general course introductory on Electromagnetism. The first goal is the presentation of Maxwell's theory in differential form and of the

underlying relativistic formulation of Electrodynamics. Second, one aims at considering and characterising the electromagnetic properties of material media, such as dielectric and magnetic media. The third endeavour consists on the treatment of electromagnetic waves, namely of those propagating in material media. Particular interest will be devoted to the understanding of the phenomena occurring at the interfaces between two media.

B – The second major objective of the syllabus is that of promoting the understanding and mastering of the theoretical concepts addressed in it.

C – The third and final goal aims at the development of skills by the students enabling them to understand and solve problems at an intermediate level of difficulty.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *TEORIA DE MAXWELL: Campos eletrostático e de indução magnética. Potenciais escalar e vector. Invariância de gauge. Teoria de Maxwell*
2. *ELETRODINÂMICA RELATIVISTA: Ideias fundadoras da Teoria da Relatividade Restrita. Eletrodinâmica relativista no vácuo. Elementos de dinâmica de partículas relativistas*
3. *ENERGIA ELETROSTÁTICA, MULTIPÓLOS, MEIOS DIELÉTRICOS: distribuição de carga estática. Desenvolvimento multipolar. Polarização e deslocamento elétrico, cargas de polarização. Dielétricos lineares e não-lineares. Continuidade dos campos em superfícies. Eqs de Fresnel. Dispersão, modelos de Lorentz e Drude*
4. *ENERGIA MAGNÉTICA, DIPOLOS MAGNÉTICOS, MAGNETISMO EM MEIOS MATERIAIS: Energia armazenada num campo de indução. Desenvolvimento multipolar do potencial vector. Magnetização. Condições de fronteira para os campos B , H e M . Materiais magnéticos*
5. *ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EM MEIOS MATERIAIS: Polarização. Teor de Poynting. Dispersão em meios dielétricos, condutores e plasmas.*

4.4.5. Syllabus:

1. *MAXWELL'S THEORY OF ELECTROMAGNETISM: Electric and magnetic fields. Scalar and vector potentials. Gauge invariance. Maxwell theory.*
2. *RELATIVISTIC ELECTRODYNAMICS: Founding ideas of the theory of Special Relativity. Relativistic electrodynamics in vacuum. Elements of relativistic dynamics.*
3. *ELECTROSTATIC ENERGY, MULTIPLES, DIELECTRICS: static distribution of charge. Multipole expansion of the scalar potential. Polarization and electric displacement, polarization charges. Linear e non-linear dielectrics. Continuity of the fields on surfaces. Fresnel eqs. Dispersion, Lorentz and de Drude models.*
4. *MAGNETIC ENERGY, MAGNETIC DIPOLES, MEDIA WITH MAGNETIC PROPERTIES: Energy stored in the magnetic field. Multipole expansion of the vector potential. Magnetization vector and currents. Boundary conditions met by B , H e M . Magnetic materials.*
5. *ELECTROMAGNETIC WAVES IN MATERIAL MEDIA: Polarization. Poynting theor. Dispersion dielétric media, conductors and plasmas.*

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

Examinando os temas detalhados do programa da disciplina pode verificar-se que eles cobrem um conjunto de tópicos consistentes com os objetivos da disciplina, seguindo uma pauta partilhada pelas Universidades internacionais de referência. Em particular, promove-se a aprendizagem de um conjunto de conceitos fundamentais e da estrutura teórica de uma teoria de campo que são, em paralelo ou em complementaridade, desenvolvidos e aprofundados noutras direções temáticas nos cursos do Departamento de Física. Exemplos desses prolongamentos são o estudo de Ondas, Acústica e Óptica ou da Física da Matéria Condensada e do Estado Sólido, e até mesmo da teoria da Relatividade.

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

An examination of the syllabus allows one to understand that it covers a set of concepts and topics which are consistent with the goals of the course, and which share the patterns one finds in the best international universities. In particular, the course promotes the knowledge of the concepts of the archetypal classical field theory, which are either parallelly or subsequently the object of more detailed extension in other courses of the graduation. Examples of the latter are the study of Waves in Acoustics and Optics, as well as the subjects of Condensed Matter and of Solid State Physics, or even Theory of Relativity.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Apresentação oral dos tópicos da matéria, usando o quadro e elementos projectados.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução auxiliada de problemas.

AValiação: Exame final ou, em alternativa, dois testes.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Oral presentation of the topics using both the blackboard and of digitalised presentations.

PROBLEM CLASSES: *Assisted problem solving.*

EVALUATION: *Final exam or, alternatively, two partial exams.*

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

A disciplina, bem assim como as aulas teórico-práticas, são lecionadas por docente(s) qualificado (PhD). Os alunos têm acesso a elementos de estudo como uma bibliografia adequada, disponível na Biblioteca da Faculdade, séries de problemas para resolver e hiper-ligações para elementos disponíveis na "internet" sugeridos na página moodle da disciplina. Este enquadramento está em concordância com os melhores padrões de exigência internacionais e proporcionam aos alunos as condições necessárias para aceder aos conceitos lecionados e para compreender e resolver problemas sobre as matérias dadas.

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

The course is lectured and problem solving classes are assisted by qualified staff (PhD). Also, the students have access to an adequate bibliography in the library, lists of problems, and hyperlinks to resources, which can be found in the internet. This framework not only matches the best international patterns, but it also conveys the means for the students to achieve the goals of the present course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Campo Electromagnético, L. Brito, M. Fiolhais, C. Providência, Mc Graw-Hill, 1999.*
- *Electromagnetismo, Alfredo B. Henriques, Jorge C. Romão, IST Press, Lisboa, 2011 (2ed).*
- *Campos e Ondas Electromagnéticas, P. Lorrain, D. Corson, F. Lorrain, F. C. Gulbenkian, 2000 (tradução portuguesa de: Electromagnetic Fields and Waves, W. H. Freeman and Company, NY, 1988).*
- *Introduction to Electrodynamics, D.J. Griffiths, Prentice-Hall Int., 3rd ed., 1999.*
- *C. Brau, Modern Problems in Classical Electrodynamics, Oxford University, 2003.*
- *Elementos de Electrodinâmica Clássica, Jorge Loureiro, IST press, Lisboa, 2013.*
- *Electricity and Magnetism, W. Panofsky and M. hillips, Addison-Wesley, London, 1962*
- *Principles of Optics, M. Born and E. Wolf, Cambridge University Press, 7th ed., 1999.*

Mapa IV - Economia e Gestão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Economia e Gestão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Economics and Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CEGO

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):

Raquel João Fonseca ; 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 - Dotar os alunos com capacidades para a compreensão da lógica e funcionamento das actividades económicas.**B – Viabilizar a percepção tanto dos fundamentos do planeamento e das funções nucleares da gestão empresarial, como da importância da inovação em tal contexto.**C – Fornecer um conjunto de conhecimentos teóricos e práticos, cuja articulação proporcionará capacidades de interlocução em diferentes matérias de economia e de gestão.**D – Suportar a possibilidade de posterior desenvolvimento de conhecimentos nestas áreas do saber.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – Provide students with skills for understanding the logic and functioning of economic activities.**B – Enable the perception both of nuclear planning and business management functions, and the relevance of innovation in that context.**C – Provide a set of theoretical and practical knowledge, which will reveal joint interaction capabilities in different fields of economics and management.**D – Enable the possibility of further development of knowledge in these areas.***4.4.5. Conteúdos programáticos:****PARTE I – ECONOMIA***1. Bases da economia Os princípios fundamentais da escolha individual Micro vs macroeconomia**2. Trade-offs e as trocas comerciais Fronteira de possibilidade de produção Vantagem comparativa**3. Oferta e Procura Curva da procura; Curva da oferta; Equilíbrio Elasticidade**4. Contabilidade nacional PIB; Índice de preços; Deflator; Inflação e deflação.**5. Bens públicos e recursos comuns Bens públicos vs. bens privados T6. Funções do Estado Política fiscal; política monetária**6. Introdução à empresa Conceito de empresa***PARTE II - GESTÃO***7. Princípios de gestão Funções da empresa**8. Capital da empresa Constituição de capital da empresa; Capital próprio; Valor nominal vs. valor contabilístico; Aumento de capital**9. Gestão financeira Fluxos económicos, financeiros e monetários; Activos fixos e circulantes; Passivo; Balanço e Demonstração de Resultados**10. Gestão da produção Gestão das capacidades; Programação das operações; Gestão de projectos; Gestão de stocks***4.4.5. Syllabus:****PART I - ECONOMICS***1. First principles Individual choice. Micro vs. macroeconomics.**2. Trade-offs and trade. The production possibility frontier; Comparative advantage.**3. Supply and demand. The demand curve; the supply curve; Equilibrium; Elasticity**4. The National accounts. GDP; Aggregate price level; GDP price index; Inflation and deflation**5. Public goods and common resources Public goods vs. private goods**6. Government policies Fiscal policy; Monetary policy***PART II – MANAGEMENT**

7. Introduction to the firm. The firm.

8. Management principles. Functions of the firm.

9. Equity The firm's capital structure; Equity; Nominal value vs. accounting value; Equity increases

10. Financial management Economic, monetary and financial flows; Current and non-current assets; Debt; Balance sheet and income statement.

11. Production management Capacity management; Operations planning; Project management; Stock management.

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

Os diversos temas incluídos na linha programática permitem ir capacitando o aluno de uma visão globalizante da economia e da gestão. O foco em diversos assuntos permite ir criando uma noção interligada dos vários conceitos. Por outro lado, os tópicos da componente teórico-prática servirão para ir reforçando as capacidades específicas ao serviço das aplicações no campo da Economia e Gestão.

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

The various subjects included in the program empowers the student with a global vision of Economics and Management. The focus on various subjects allows to create an interconnected notion of the various concepts. On the other hand, the topics of the practical component will support the capacities of the applications in the field of Economics and Management.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: De natureza expositiva, com recurso ocasional a casos reais.

TEÓRICO-PRÁTICA: Realização de exercício de aplicação

AValiação: Exame final escrito (17 valores) e uma apresentação em grupo durante a aula teórico-prática (3 valores).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The classes will be expository in nature, featuring occasionally some real cases.

PROBLEM CLASSES: Case-based exercises are often carried out in practical classes.

EVALUATION: Evaluation is done by a final written exam (17/20) and a group presentation taking place during the class (3/20).

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

A apreensão de conceitos abstractos da Economia e Gestão só pode ser amplamente alcançada através de uma exposição com rigor e detalhe. Por outro lado, os casos reais são fundamentais para alicerçar e interligar os diferentes conceitos introduzidos.

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

The apprehension of abstract concepts of Economics and Management can only be widely achieved through an exposition with accuracy and detail. On the other hand, case-based scenarios are essential to build and interconnect the various concepts that are introduced.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Paul Krugman, Robin Wells, "Economics", 2nd Edition, Worth Publishers (2009)

- Ana Maria Sotomayor, Jorge Rodrigues, Manuela Duarte, "Princípios de Gestão das Organizações", Rei dos Livros (2013)

- José Eduardo Carvalho, "Gestão de Empresas – Princípios fundamentais", Edições Sílabo

- Joaquim Silva Ribeiro, Victor Sequeira Roldão, "Gestão das Operações – Uma abordagem integrada", Monitor (2007)

Mapa IV - Desenho Assistido por Computador

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Desenho Assistido por Computador

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computer Assisted Design

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:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 14 ; PL - 21

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

António Joaquim Rosa Amorim Barbosa ; 14hT + 21hPL

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 – Familiarizar o aluno com as metodologias mais recentes de projeto (desenho) assistido por computador (CAD), nas vertentes conceptual e prática.

B – Permitir a utilização prática, incluindo uma introdução formal sumária, dos métodos baseados em varrimentos com base paramétrica de computação gráfica que permitam posteriormente a sua aplicação na definição de estudos de simulação de elementos finitos.

C – Apresentar e discutir os principais processos de fabrico e maquinação com aplicação prática de programação CNC. Apresentar as vantagens e limitações da manufactura aditiva e subtractiva.

D – Dirigir os conhecimentos de desenho para as competências necessárias à construção de instrumentos científicos ou equipamentos especializados com elevado conteúdo tecnológico em Engenharia Física ou Engenharia Biomédica.

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

A – Make the student familiar with the most recent methods of computer assisted design both regarding the used concepts and the practical applications.

B – Provide the student with the practical and conceptual knowledge of parametric feature based CAD systems that allow their later usage and finite element study frameworks.

C – To present to the student the main methods of manufacturing and machining including the basic principles of CNC programming. Introduce the tradeoffs in additive and subtractive manufacturing.

D – Provide to the students the particular expertise that is required to develop scientific or high technology instruments that fall into the applications in physics engineering and biomedical engineering.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução e evolução histórica dos métodos computacionais para a descrição geométrica em ambiente computacional.

2. Elementos de geometria analítica em 3D e os modelos construtivo, por representação de superfícies e por varrimentos. Conceitos de geometria paramétrica.

3. *Metodologia do desenho técnico em instrumentação física e biomédica.*

4. *Representação bi-dimensional para fabrico. Normalização; projecções; representação de corte e secções; cotagem. Fabrico e maquinação com aplicação prática de programação CNC.*

5. *Componente Prática: Exemplificação com utilização do sistema SolidWorks/Dassault.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction on the historical evolution of the computational methods applied to the geometrical description.*

2. *Elements of 3D analytic geometry and constructive modeling by boundary representation and sweeping methods. Concepts of parametric geometry.*

3. *Methods of technical project in physical and biomedical instrumentation.*

4. *2D drawing notations to support manufacturing. Design normalization; projections; notations for cuts and sections; dimensioning. Manufacturing and machining as practical application of CNC programming.*

5. *Practical component: All practical work will be carried out within the SolidWorks/Dassault.*

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

Os conteúdos adequam-se aos objetivos centrais da disciplina fornecendo tanto a formação prática como os conceitos necessários a um entendimento mais aprofundado da história e tendências mais recentes do domínio.

Para atingir o objectivo A introduz-se uma perspectiva da evolução do domínio e apresentam-se os novos modelos de geometria computacional aplicados aos sistemas CAD.

O objectivo B é atingido pela utilização de um sistema de CAD de carácter profissional.

O objectivo C é atingido através da introdução dos principais processos de fabrico associados aos sistemas CAD e, em particular, aos sistemas de programação CNC.

Para atingir o objectivo D utiliza-se abordagem versátil cobrindo vários domínios das engenharias tradicionais, sempre numa perspectiva de desenvolvimento de instrumentos científicos ou com aplicação de tecnologias que são domínios de aplicação da Engenharia Física ou Engenharia Biomédica.

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

The contents fit the core objectives of the course providing both the practical training and the concepts needed for a deeper understanding of the history and latest trends of the domain.

The objective A is achieved by introducing a perspective of the domain evolution and the new computational geometry models applied to CAD systems are presented.

Objective B is achieved by using a professional CAD system.

Objective C is achieved by introducing the main manufacturing processes and their modern association with CAD systems and, in particular, CNC programming systems.

To achieve Objective D, a versatile approach is used covering various domains of traditional engineering, always with a view to developing scientific instruments or applying technologies to Physical Engineering or Biomedical Engineering.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Exposição dos conceitos em ambiente computacional; utilização do software de desenho paramétrico; desenvolvimento de casos práticos concretos associados à instrumentação científica.

PRÁTICA COMPUTACIONAL: Aprendizagem seguindo o desenvolvimento de pequenos projetos exemplo.

AVALIAÇÃO:

20% - Avaliação contínua nas aulas PL e T incluindo a avaliação de respostas a questionários.

40% - Primeiro teste parcial: Teste escrito elaborado presencialmente em salas com um computador com o software CAD por aluno. Perguntas conceptuais e de natureza mais concreta.

40% - Segundo teste parcial: Teste escrito elaborado presencialmente em salas com um computador com o software CAD por aluno. Incluindo também perguntas conceptuais e de natureza mais concreta.

Atendendo à natureza desta unidade curricular, não existe exame final nas épocas normal e de recurso.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: CAD concepts in computational environment; use of parametric design software; development of concrete case studies associated with scientific instrumentation.

LABORATORY: Learning by following the development of small example projects.

EVALUATION:

20% - Continuous assessment in PL and T classes including assessment of questionnaire responses.

40% - First partial test: Written test solved in class with the help of a computer with CAD software per student. Including also conceptual and more concrete questions.

40% - Second partial test: Written test solved in class with the help of a computer with CAD software per student. Including also conceptual and more concrete questions.

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

O ensino dos métodos de projecto 3D em mecânica implica a familiarização com ferramentas de trabalho complexas o que só se efetiva com a utilização e trabalho concreto. A metodologia de avaliação está adequada a este programa.

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

Teaching 3D design methods in mechanics implies familiarization with complex work tools which is only effective with practical use and work. The evaluation methodology is appropriate for this program.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Building Scientific Apparatus, Ed., J. H. Moore, et. al., Cambridge University Press, 2009*

- *Space Modeling with SolidWorks and NX, Jože Duhovnik · Ivan Demšar Primož Drešar, Springer, 2015*

- *Manufacturing Engineering and Technology (in SI units), Serope Kalpakjian e Steven Schmid, 6 ed, Prentice Hall*

- *Manuais do software utilizado (Solidworks)*

- *Apresentações em vídeo de tutoriais.*

Mapa IV - Física Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Estatística

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Statistical Physics

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 - 42 ; TP - 21

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):

Vladimir Vladlenovich Konotop ; 42hT + 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):

Aquisição dos conceitos da Física Estatística e das suas aplicações, de modo a que os alunos assimilem as ideias e estejam preparados para os cursos de física mais avançados, bem como adquiram a capacidade de manipulação das técnicas expostas na disciplina para a resolução de problemas concretos.

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

Acquisition of the concepts of Statistical Physics and their applications, so that students can assimilate ideas in order to be prepared for more advanced physics courses, as well as acquire the ability to use the techniques exposed in the discipline for solving specific problems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução: Revisão de conceitos e leis da Termodinâmica, teoria de probabilidade e estatística, mecânica clássica Hamiltoniana.*
2. *Estatística clássica: Coletividades. Postulado de igual probabilidade a priori, coletividade microcanónica, fórmulas da Termodinâmica a partir do formalismo microcanónico, teorema do virial, gas ideal. Coletividades canónica e grande canónica, funções de partição. Potencial químico, flutuações.*
3. *Estatística quântica: Coletividades quânticas. Postulados, matriz densidade, operador densidade. Coletividades microcanónica, canónica e grande canónica. Princípio da indiscernibilidade de partículas quânticas. Princípio de Pauli. Gases ideais de fermiões e bosões.*
4. *Gases de bosões. Radiação do corpo negro, condensação de Bose-Einstein.*
5. *Gases de fermiões. Calor específico do gás de eletrões degenerado.*
6. *Processos estocásticos: Movimento Browniano. Relação de Einstein. Flutuação e dissipação. Processos de Markov. Equações de Langevin e de Fokker-Planck.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction: Revision of basic concepts and laws of Thermodynamics, the probability theory and statistics, and of classical Hamiltonian mechanics.*
2. *Classical statistics: Ensembles. The postulate of equal probability a priori, microcanonical ensemble, derivation of formulas of Thermodynamics from microcanonical ensemble, virial theorem, ideal gas. Canonical and grand canonical ensembles, partition functions, chemical potential, fluctuations.*
3. *Quantum statistics: Quantum ensembles. The main postulates, density matrix, density operator. Micro-canonical, canonical, and grand-canonical ensembles, identical quantum particles. Pauli exclusion principle. Ideal gases of fermions and bosons.*
4. *Gases of bosons. Black body radiation, Bose-Einstein condensation.*
5. *Gases of fermions. Specific heat of degenerate gas of electrons.*
6. *Stochastic processes: Brownian motion. Einstein's relation. Fluctuation-dissipation theorem. Markov processes. Langevin and Fokker-Planck equations.*

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

O estudo desenvolvido no capítulo 1 resume o conhecimento prévio indispensável à aprendizagem dos fundamentos da Física Estatística. Os capítulos 2 e 3 fornecem conhecimentos básicos dos fundamentos de estatística clássica e quântica, respetivamente, com vista à sua aplicação na descrição de sistemas físicos concretos. Estes capítulos ainda apresentam exemplos de teoria de gases ideais genéricos. Os capítulos 4 e 5 apresentam exemplos específicos de gases de bosões (capítulo 4) e de fermiões (capítulo 5). O Capítulo 6 apresenta uma breve introdução ao cálculo de equações estocásticas como uma base de teorias de processos aleatórios.

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

The study in Chapter 1 summarizes the prior knowledge that is necessary for learning the fundamentals of Statistical Physics. Chapters 2 and 3 provide basic knowledge of the fundamentals of classical and quantum statistics, respectively, aiming their further application for describing concrete physical systems. These chapters also present examples of the theory of generic ideal gases. Chapters 4 and 5 give specific examples of gases of bosons (chapter 4) and fermions (chapter 5). Chapter 6 presents a brief introduction to the stochastic equations calculus as a basis of random process theories.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Expositiva.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução de problemas da série de exercícios pelos alunos.

AVALIAÇÃO: Exame final escrito.

Método de avaliação opcional: avaliação contínua com base no desempenho do aluno nas TPs (10% da nota final) e exame escrito (90% da nota final). A avaliação contínua exige presença em 2/3 de todas as aulas TPs.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Expository.

PROBLEM CLASSES: Solving problems from an exercise series by students

EVALUATION: Final written exam.

The optional evaluation: continuous evaluation based on student's performance in the problem classes (10% of the final grade), final written exam (90% of the final grade). Continuous assessment requires the presence in 2/3 of all problem classes.

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

As aulas teóricas são expositivas, com o objetivo de ensinar aos alunos os conhecimentos básicos. Nas aulas teórico-práticas os alunos resolvem problemas concretos, numa série de exercícios preparados para este objetivo, que lhes permitem aplicar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas.

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

The lectures are expository, aiming to teach students the basic knowledge. In problem classes students solve concrete problems, from a series of exercises prepared for this purpose, which allow them to apply the knowledge acquired in theoretical classes.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Statistical Mechanics: K. Huang 1987 John Wiley & Sons;*
- *Introduction to Statistical Physics: K. Huang 2010 2^a ed. CRC Press;*
- *Statistical Physics: L. D. Landau, E. M. Lifshitz 1980 Pergamon Press*
- *An Introduction to Stochastic Processes in Physics: D. S. Lemons 2002 John Hopkins UP*
- *Stochastic Processes in Physics and Chemistry: N. G. Van Kampen 2007 Elsevier, Holland;*

Mapa IV - Mecânica Quântica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Mecânica Quântica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Quantum Mechanics

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 - 42 ; TP - 21

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):

Ana Maria Formigal de Arriaga ; 42hT + 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 – Compreender as ideias e conceitos fundamentais da Mecânica Quântica**B – Dominar as técnicas básicas da Mecânica Quântica**C – Aplicar os conceitos e ferramentas básicas da Mecânica Quântica a sistemas quânticos simples***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A – To understand the fundamental ideas and concepts of Quantum Mechanics**B – To master the basic tools of Quantum Mechanics**C – To apply the basic concepts and tools of Quantum Mechanics to solve simple quantum systems***4.4.5. Conteúdos programáticos:***INTRODUÇÃO: natureza ondulatória e corpuscular da luz e da matéria; dualidade onda-corpúsculo; Princípio de Incerteza de Heisenberg (PIH): introdução.**MECÂNICA QUÂNTICA: postulados interpretativos; equação de Schrödinger, função de onda e interpretação probabilística; observáveis; princípio da correspondência; sistemas conservativos; PIH; Poços de potencial, quantificação da energia; barreiras de potencial, efeito de túnel; oscilador harmónico unidimensional; poço de potencial tridimensional; potenciais centrais.**APLICAÇÕES: átomos hidrogenóides: n^os quânticos, quantificação da energia e do momento angular, spin do eletrão, momento magnético, efeito de Zeeman; átomos com vários eletrões: Princípio de Exclusão de Pauli, Tabela Periódica, espectros; partículas e interações fundamentais; núcleo atómico: descoberta, propriedades fundamentais; energia de ligação, fissão e fusão nucleares; spin, momento magnético; interação nuclear efetiva; modelos da gota líquida e em camadas.***4.4.5. Syllabus:***INTRODUCTION: wave and particle nature of light; particle and wave nature of matter; wave-particle duality; Heisenberg Uncertainty Principle (HUP): introduction.**QUANTUM MECHANICS – interpretative postulates; Schrödinger equation, wave function and probabilistic interpretation; observables; correspondence principle; conservative systems; HUP; potential wells, energy quantification; potential barriers, tunneling effect; one-dimensional harmonic oscillator; three-dimensional potential well; central potentials.**APPLICATIONS – hydrogen and hydrogen-like atoms: quantum numbers, energy and angular momentum quantification, electron spin, magnetic momentum, Zeeman effect; atoms with several electrons: Pauli Exclusion Principle, Periodic Table, atomic spectra; fundamental particles and interactions; atomic nucleus: discovery, fundamental properties; binding energy, nuclear fission and fusion; spin, magnetic momentum; effective nuclear interaction; liquid drop and shell models.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***O programa cobre os conceitos fundamentais da Mecânica Quântica, os quais possibilitam a compreensão das leis e dos fenómenos do universo à microescala. Aborda ainda as técnicas base para resolução da equação da dinâmica para sistemas quânticos simples, as quais são aplicadas e exercitadas nas aulas Teórico-Práticas. A interpretação das soluções é discutida e desenvolvida.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The program covers the fundamental concepts of the Quantum Mechanics, enabling the understanding of the laws and phenomena of the microscale universe. The program addresses the basic techniques for the resolution of the dynamics equation for simple systems, which are applied and exercised in the problem sessions. The interpretation of the solutions is discussed and developed.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***TEÓRICAS: exposição dos temas com projeção de slides, com solicitação constante da participação dos alunos, suplementada com avaliação formativa**TEÓRICO-PRÁTICAS: resolução de problemas sobre a matéria, com solicitação constante da participação dos alunos*

AULA DE DÚVIDAS SEMANAL**AVALIAÇÃO**

1 – Avaliação formativa (não contribui para a classificação) - 7-8 questionários curtos, 10 min, realizados nas aulas Teóricas, ao longo do semestre e online, com recurso à plataforma informática kahoot. O tratamento estatístico das respostas é projetado de imediato. Perguntas dos questionários saem na avaliação sumativa, sendo pedida a justificação da resposta

2 – Avaliação sumativa (determina a classificação): Modalidade A – exame final escrito de 3 horas, sem consulta. Modalidade B – três mini-testes escritos de 1 hora, sem consulta e a realizar ao longo do semestre. A não obtenção de qualificação através da modalidade B remete o aluno automaticamente para a modalidade A

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: presentation of the topics using slides projection, with constant request for student participation, supplemented with formative evaluation.

PROBLEM CLASSES: resolution of problems on the material, with constant request for student participation

WEEKLY DISCUSSION SESSION**EVALUATION**

1 – Formative assesment (no contribution to the grade) - 7-8 short quizzes, 10 min, done in the theoretical lectures during the semester and online using the kahoot plataform. The statistical treatment of the answers is immediately projected. Questions from the quizzes come out in the summative assesment, being the justification of the answered requested.

2 – Summative assesment (determines the grade): Option A – written final exam, 3 hours, without consultation. Option B – three written mini-tests, 1 hour, without consultation taken during the semester. Students with no positive grade in this option are transfer to option A.

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

A metodologia de ensino estimula a participação dos estudantes no processo de aprendizagem para que se coloquem cada vez mais no modo de “active learning”, muito mais eficaz e profundo, e menos no de “passive learning”. Desenvolve, ainda, a capacidade de abordar os temas da disciplina de uma forma integrada, com vista a aumentar a sua autonomia em estudos futuros. A realização dos questionários ao longo do semestre permite, também, a cada aluno uma avaliação do seu próprio desempenho por forma a poder colmatar conceitos mal assimilados e preencher lacunas. A aula de dúvidas semanal é um instrumento muito importante com frutos dados.

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

The teaching methodology promotes the student participation in the learning process, triggering the active learning mode, more effective and profound, and mitigating the passive learning mode. It also develops the ability to approach the topics of the course in an integrated way, in order to increase their autonomy in future studies. The quizzes during the semester allow the students to make self-assessment and solve possible misconceptions and fill gaps. The weekly discussion session is a very important tool with fruitful results.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- "Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics", Raymon Serway e John Jewett, Jr., Thomson Brooks/Cole, 2004
- "The Structure of Matter: a Survey of Modern Physics", S.Gasiorowicz, Addison-Wesley Pub. Co., 1979.
- "The Feynman Lectures on Physics", vol. III, R P Feynman, R B Leighton and M Sands (Addison-Wesley) 1971
- "Quantum Mechanics", Volume 1, C Cohen-Tannoudji, B Diu and F Laloë, (Wiley-VCH) 1992

Mapa IV - Física dos Meios Contínuos**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Física dos Meios Contínuos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics of Continuous Media

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 - 42 ; TP - 21***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):***Margarida Maria Telo da Gama ; 42hT + 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 – Princípios fundamentais da dinâmica de fluidos.**B – Aplicação a um leque abrangente de fenómenos em Física e Engenharia.**C – Resolução de problemas do ponto de vista teórico (analítico) e computacional.**D – Relação entre várias áreas da Física.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***A - Fundamentals of fluid dynamics.**B - Application to a wide range of phenomena in Physics and Engineering.**C - Problem solving from the theoretical (analytical) and computational point of views.**D - Relationships between different areas of physics.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Introdução e visão geral da unidade curricular**2. Fluido e equação de Euler. Equação da continuidade. Operador D/Dt. Aplicações. O teorema de Bernouilli.**3. Escoamento potencial. O teorema da circulação de Kelvin. O teorema de Bernouilli para escoamentos não estacionários. Fontes e sumidouros. Analogia com a magnetostática. Soluções analíticas da equação de Laplace. Aplicações.**4. Viscosidade e equação de Navier-Stokes. Tensões de corte em fluidos Newtonianos. Tensões e taxas de deformação como tensores. Viscosidade. Escoamento laminar plano. Aplicações.**5. Vorticidade e camadas limite. Linhas de vorticidade. Camadas limite. Separação das camadas limite e formação de turbilhões. Aplicações.**6. Instabilidades e Turbulência.**Nota: Os capítulos da sinopse correspondem aos capítulos do livro de texto (Faber) mas não à sua ordem.***4.4.5. Syllabus:***1. Introduction and overview of the course.**2. Fluid and Euler equation. Equation of continuity. D / Dt Operator. Applications. Bernouilli's theorem.**3. Potential flow. Kelvin's circulation theorem. Bernouilli's theorem for non-stationary flows. Sources and sinks. Analogy with magnetostatics. Analytical solutions of the Laplace equation. Applications.**4. Viscosity and Navier-Stokes equation. Shear stresses in Newtonian fluids. Tensions and strain rates as tensors. Viscosity. Flat laminar flow. Applications.**5. Vorticity and boundary layers. Vorticity lines. Boundary layers. Separation of boundary layers and swirling. Applications.**6. Instabilities and Turbulence.*

Note: The chapters of the synopsis correspond to the chapters of the textbook (Faber) but not to their order.

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

Para atingir o objectivo A, é necessário aprender o conceito de um meio contínuo e a matemática necessária para descrever a sua dinâmica. Capítulo 1.

Para atingir o objectivo B, é necessário aprender a modelar situações concretas incluindo as condições de fronteira adequadas e/ou as condições iniciais. É fundamental aprender a identificar e usar aproximações ou limites apropriados e discutir a sua validade. Capítulos 2, 3, 4, 5 e 6.

Para atingir o objectivo C, 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. Capítulos 2, 3, 4, 5 e 6.

Para atingir o objectivo D, 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:

In order to achieve Objective A, one must learn the concept of a continuous medium and the mathematics necessary to describe its dynamics. Chapter 1.

To achieve Objective B, it is necessary to learn how to model concrete situations including appropriate boundary conditions and / or initial conditions. Learning to identify and use appropriate approaches or boundaries and discussing their validity is critical. Chapters 2, 3, 4, 5 and 6.

To achieve Objective C, one must 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. Chapters 2, 3, 4, 5 and 6.

In order to achieve Objective D, it is necessary to obtain an integrated view of the curricular unit 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: O livro de texto (Faber) privilegia uma exposição rigorosa dos princípios da dinâmica de fluidos, matematicamente não sofisticada, de um conjunto alargado de problemas em áreas da Física e da Engenharia. Um número das aplicações do livro são o ponto de partida para problemas a resolver nas aulas-teórico práticas.

TEÓRICO-PRÁTICA: A componente teórico-prática inclui a resolução de alguns problemas inspirados no livro de texto (Faber). As (cinco) séries de problemas incluem problemas inspirados no livro de Acheson. Alguns problemas poderão ser resolvidos numericamente, para testar as aproximações e/ou os limites usados nas soluções analíticas.

AVALIAÇÃO:

Avaliação contínua: Resolução em casa de 2 problemas de cada uma das (cinco) séries, entregue na semana seguinte à resolução da série na TP. É obrigatória a presença em 2/3 das aulas TPs (20%). A avaliação inclui ainda um exame final (80%) baseado nos problemas das séries.

Avaliação não contínua: exame final (100%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: The textbook (Faber) privileges a rigorous yet mathematically unsophisticated exposition of fluid dynamics principles covering problems in physics and engineering. Applications dealt with in the textbook are the starting point for problems to be addressed in practical classes.

PROBLEM CLASSES: The practical component includes the resolution of problems inspired by the textbook (Faber). The problem series also include problems inspired by Acheson's book. Some problems may be solved numerically, in particular to test the approximations and / or limits used in the analytical solutions.

EVALUATION:

Continuous assessment: Two problems of each of the (five) series solved at home, to be handed out in the week following the discussion of the corresponding series in class. Attendance of at least 2/3 of TPs classes is mandatory (20%). The evaluation also includes a final exam (80%) based on the problem series.

Non-continuous assessment: final exam (100%).

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:

- *Fluid Dynamics for Physicists*, by T E Faber, Cambridge University Press 1995 (livro de texto).
- *Elementary Fluid Dynamics (Oxford Applied Mathematics and Computing Science Series)* by D J Acheson, Oxford University Press 1990
- *An Introduction to Fluid Dynamics (Cambridge Mathematical Library)* by G K Batchelor, Cambridge University Press 2000.
- *Fluid Mechanics: Landau and Lifshitz Course of Theoretical Physics, Volume 6*, by L D Landau, Pergamon Press 1987.
- *Theoretical Microfluidics (Oxford Master Series in Physics)* by H Bruus, Oxford University Press 2008.

Mapa IV - Eletrónica Analógica e Digital**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Eletrónica Analógica e Digital

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Analog and Digital 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 ; TP - 14 ; 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 + 14hTP + 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 – Estudar, a níveis médio e avançado, aspectos importantes para a análise e síntese de circuitos analógicos e digitais. Relevância dada ao domínio de técnicas de projecto importantes.

B – Oferecer uma panorâmica geral e equilibrada das áreas da Electrónica e da Instrumentação modernas.

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

A – To study, at the intermediate and advanced levels, important aspects of the analysis and synthesis of analog and digital circuits. The relevance is on mastering important design techniques.

B – To offer a broad and balanced view of the areas of modern Electronics and Instrumentation.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Projecto de máquinas de estado com circuitos digitais sequenciais.*
- 2. Linguagens de descrição de hardware (HDLs) no projeto de sistemas digitais e sua implementação em sistemas reconfiguráveis (FPGAs).*
- 3. Análise e projecto de filtros activos e passivos.*
- 4. Transístores bipolares (BJTs) e suas aplicações analógicas e digitais.*
- 5. Transístores de efeito de campo (FETs) e suas aplicações analógicas e digitais.*
- 6. Amplificador operacional: estudo alargado e circuitos de aplicação relevantes.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Design of state machines with digital sequential circuits.*
- 2. Hardware description languages (HDLs) in digital systems design and their implementation in reconfigurable circuits (FPGAs).*
- 3. Analysis and design of active and passive filters.*
- 4. Bipolar transistors (BJTs) and their analog and digital applications.*
- 5. Field effect transistors (FETs) and their analog and digital applications.*
- 6. The operational amplifier: detailed study and relevant application circuits.*

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

Os objetivos deste curso são apresentar aos alunos os sistemas electrónicos analógicos e digitais e ensinar-lhes técnicas relevantes de análise e de projecto. Nessa medida, o conteúdo programático proposto é de banda larga, focando variadas sub-áreas (circuitos digitais, filtros, amplificadores). É estimulado o recurso a ferramentas computacionais usadas em ambientes industriais de projecto, tais como os simuladores analógicos e a aplicação de linguagens de descrição de hardware (Verilog), o que tem por objectivo mostrar aos estudantes como se processa o desenvolvimento prático de sistemas electrónicos.

Tenta-se equilibrar a importância 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:

The goals of this course are the introduction of the students to analog and digital electronic systems, and to teach them the relevant techniques for their analysis and design. Accordingly, it is developed a wide band syllabus focusing several sub-areas (digital circuits, filters, discrete and integrated amplifiers). The use of industrial design tools, such as circuit simulators and hardware description languages (Verilog) is suggested and fostered, with the aim of giving the students a feel of practical electronic development.

We try to provide a reasonable balance of theory, problem solving and laboratory practice so that the students develop a good set of skills and knowledge about the available trails for tackling practical problems, what can be very useful to them in the future.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas expositivas

TEÓRICO-PRÁTICA: Análise de casos, resolução de problemas.

PRÁTICA LABORATORIAL: Montagem prática, análise e teste de circuitos electrónicos.

AVALIAÇÃO - Avaliação mista, incluindo exame, avaliação contínua no laboratório e resolução individual de problemas (opcional).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

THEORETICAL: Lectures

PROBLEM CLASSES: *Case analysis, problems' resolution.*

LABORATORY: *Assembly, analysis and test of electronic systems.*

EVALUATION: *Mix of exam grade, laboratory practice grade and homework assignment grade (optional).*

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, e habilitá-los-á a tornarem-se autónomos em estudos futuros.

O programa proporciona uma panorâmica alargada dos sistemas electrónicos modernos, quer ao nível do entendimento do seu funcionamento e das suas aplicações, quer ao nível das técnicas de projecto apropriadas para cada classe de circuitos.

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

The teaching methodology will foster in the students the ability to follow an integrated approach to the matters under study and will provide them with the means for being autonomous in future electronics' studies.

The syllabus provides a broad view on modern electronics systems, both at the analysis and understanding level, at the applications level and at the design level.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Monografias escritas pelo corpo docente, focando certas secções da matéria.*
- *Oliveira, Santos, "Electrónica – Uma Visão de Projecto", Un. Porto, 2018.*
- *Spencer, Ghausi, "Introduction to Electronic Circuit Design", Prentice-Hall, 2003.*
- *Agarwal, Lang, "Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits", Morgan-Kaufman|Elsevier, 2005.*
- *Horowitz, Hill, "The Art of Electronics", Cambridge, 2nd Edition, 1989 (3rd Ed. 2015).*
- *Arroz, Monteiro, Oliveira, "Arquitectura de Computadores", IST Press, 2006.*
- *Tietze, Schenk, "Electronic Circuits: Design and Applications", Springer-Verlag, 1991.*
- *Sedra, Smith, "Microelectronic Circuits", 3rd, 4th, 5th Ed., 1998 (...).*

Mapa IV - Processamento de Sinal

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Processamento de Sinal

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Signal Processing

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 - 21 ; PL - 21

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 + 21hTP + 21hPL

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 os fundamentos e técnicas utilizados no processamento de sinais analógicos e digitais.

B – Familiaridade com aspectos importantes do processamento digital de sinais.

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

A – To get some knowledge about the foundations and techniques used in analog and digital signal processing.

B – To get familiar with important aspects of digital signal processing.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Fundamentos de sinais e sistemas*
- 2. Sistemas analógicos e equações diferenciais*
- 3. Transformada de Laplace*
- 4. Sistemas discretos e equações às diferenças*
- 5. Transformada Z*
- 6. Convolução*
- 7. Função de sistema e resposta na frequência*
- 8. Análise de Fourier*
- 9. Projecto de filtros digitais FIR e IIR*
- 10. Processos estocásticos em sistemas lineares e invariantes no tempo*
- 11. Tópicos de processamento estatístico de sinais*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Signals and systems fundamentals*
- 2. Analog systems and differential equations*
- 3. Laplace transform*
- 4. Discrete systems and difference equations*
- 5. Z transform*
- 6. Convolution*
- 7. System function and frequency response*
- 8. Fourier Analysis*
- 9. Digital filter design – IIR and FIR*
- 10. Stochastic processes in linear time-invariant systems*
- 11. Topics on statistical signal processing*

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

Os itens 1-7 do conteúdo programático focam-se no objectivo A, pois consistem dos fundamentos da teoria dos sistemas e sinais contínuos e discretos.

Os itens 8-11 destinam-se a atingir o objectivo B, pois tratam quase exclusivamente do processamento digital de sinais, quer determinístico, quer estatístico (a exceção ao domínio digital é alguma análise de Fourier focada no domínio contínuo no item 8).

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

The items 1-7 in the syllabus are focused in objective A, since they consist in the fundamentals of system's and signal's theory in the continuous and discrete domains.

The items 8-11 fulfill objective B, since they are almost exclusively dedicated to digital signal processing, be it deterministic or statistical (the exception is a small amount of continuous Fourier analysis explained in item 8).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Aulas expositivas

TEÓRICO-PRÁTICA: Análise de casos, resolução de problemas

PRÁTICA LABORATORIAL: Realização de (cerca de) seis trabalhos focando aspectos importantes do processamento de sinal. É usada uma ferramenta de CAD matemático (Scilab)

AVALIAÇÃO - Avaliação mista, incluindo exame, avaliação contínua no laboratório e resolução individual de problemas (opcional).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

THEORETICAL: Lectures

PROBLEM CLASSES: Case analysis, resolution of problems and exercises.

LABORATORY: It consists of about six experiments which target important aspects of signal processing. It is used a CAD tool for mathematics (Scilab).

EVALUATION: Mix of exam grade, laboratory practice grade and homework assignment grade (optional).

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, e habilitá-los-á a tornarem-se autónomos em estudos futuros.

O programa proporciona uma panorâmica alargada do processamento de sinal moderno, com ênfase no processamento digital, quer ao nível do entendimento dos algoritmos importantes e das suas aplicações, quer ao nível do desenvolvimento das técnicas e modelos apropriados para cada classe de sistemas.

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

The teaching methodology will foster in the students the ability to follow an integrated approach to the matters under study and will provide them with the means for being autonomous in future studies of signal processing.

The syllabus provides a broad view on modern signal processing, with an emphasis on digital signal processing, both at the analysis and understanding of the important algorithms level, at the applications level and at the development of techniques and models level.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Papoulis, "Circuits and Systems", Holt, Rinehart and Winston, 1980.
- Oppenheim, Schaffer, "Digital Signal Processing", Prentice-Hall, 1975.
- Kunt, "Digital Signal Processing", Artech House, 1986.
- Oppenheim, Schaffer, Buck, "Discrete-Time Signal Processing", 2nd ed., Prentice-Hall, 1999.
- Oppenheim, Willsky, Nawab, "Signals and Systems", 2nd ed., Prentice-Hall, 1996.

Mapa IV - Ciência e Tecnologia de Materiais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ciência e Tecnologia de Materiais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Materials Science and Technology

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 - 21 ; PL - 21

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):

Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde ; 28hT + 21hTP + 21hPL

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 – Introduzir os conceitos fundamentais em Ciência e Engenharia de Materiais
B – Compreender a influência da estrutura dos materiais nas suas propriedades
C – Compreender como o processamento dos materiais pode mudar a sua estrutura*

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

*A – Introduce the fundamental concepts in Materials Science and Engineering
B – Understand the influence of the structure of materials on their properties
C – Understand how materials processing can change their structure*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução à Ciência e Eng^a de Materiais. Perspetiva histórica. Relação processamento/estrutura/propriedades/desempenho. Classes de materiais. Recursos naturais. Reciclagem de materiais.
2. Estrutura atômica e ligações interatómicas. Formas alotrópicas do carbono.
3. Estrutura e organização dos sólidos. Difração de RX.
4. Defeitos em sólidos. Soluções sólidas em metais e cerâmicos. Deslocações.
5. Difusão. Mecanismos de difusão no estado sólido. Leis de Fick. Aplicações industriais.
6. Diagramas de fases. Fases em sistemas metálicos. Diagramas binários complexos. Transformações de fase. Microestrutura. Transformações fora de equilíbrio.
7. Propriedades mecânicas. Comportamento elástico de sólidos isotropicos. Comportamento à tração. Deformação plástica. Resistência mecânica.
8. Classificação dos estados eletrónicos. Gás de eletrões dos metais normais. Modelo de Drude. Aproximação dos eletrões livres. Energia de Fermi. Calor específico e susceptibilidade magnética de um metal normal*

4.4.5. Syllabus:

*1. Introduction to Materials Science and Engineering. Historical perspective. Processing / structure / properties / performance relation. Material classes. Natural resources. Recycling of materials.
2. Atomic structure and interatomic bonds. Allotropic forms of carbon.
3. Structure and organization of solids. XR diffraction.
4. Defects in solids. Solid solutions in metals and ceramics. Dislocations.
5. Diffusion. Solid state diffusion mechanisms. Fick's Laws. Industrial applications.
6. Phase diagrams. Phases in metal systems. Complex binary diagrams. Phase transformations. Microstructure. Transformations out of equilibrium.
7. Mechanical Properties. Elastic behavior of isotropic solids. Tensile stress-strain behavior. Plastic deformation. Mechanical resistance.
8. Classification of electronic states. Electron gas of normal metals. Drude's model. Approximation of free electrons. Fermi energy. Specific heat and magnetic susceptibility of a normal metal.*

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

A matéria apresentada permite compreender a relação entre propriedades, estrutura e processamento, como selecionar o material adequado a uma aplicação em vista, e como reconhecer que uma adequada seleção de materiais proporciona um desempenho acrescido de componentes e/ou dispositivos.

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

The presented subjects allow understanding the relationship between properties, structure and processing, how to select the appropriate material for a particular application, and how to recognize that a proper selection of materials provides increased performance of components and / or devices.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: apresentação da matéria usando "Power Point" e o quadro.

TEÓRICO-PRÁTICA: Resolução e discussão de problemas. Serão fornecidos problemas/questões para resolução individual durante as aulas, os quais poderão ser considerados para avaliação.

PRÁTICA LABORATORIAL: realização de várias sessões de laboratório para estudo da estrutura de vários materiais por difração de Raios X, análise microestrutural por microscopias ótica e de varrimento de eletrões, caracterização mecânica, propriedades óticas de semicondutores de hiato direto e indireto, estudo de semicondutores tipo-n e tipo-p por efeito Hall.

AValiação: duas opções A) ou B).

- A) avaliação contínua no laboratório, incluindo a entrega de relatórios: 30%. Avaliação periódica: dois testes ou exame final: 70%

- B) avaliação contínua no laboratório, incluindo a entrega de relatórios: 30%. Avaliação periódica: dois testes ou exame final: 65%. Entrega de problemas nas aulas TP: 10%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Presentation of the different subjects using Power Point and the blackboard.

PROBLEM CLASSES: Resolution of problems with discussion. Some problems/questions are given to be solved individually during the classes, which may be used for the student evaluation.

LABORATORY: several laboratory sessions to study the structure of various materials by X-Ray diffraction, microstructural analysis by optical and electron scanning microscopies, mechanical characterization, optical properties of direct and indirect gap semiconductors, study of n-type and p-type semiconductors by Hall effect.

EVALUATION: two options A) or B).

- A) Continuous laboratory evaluation, including reporting: 30%. Periodic assessment: two tests or final exam: 70%

- B) Continuous laboratory evaluation, including reporting: 30%. Periodic assessment: two tests or final exam: 65%. Problem delivery in the problem classes: 10%.

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

Quer a resolução e discussão de problemas, quer os trabalhos de laboratório têm por objectivo consolidar a matéria apresentada nas aulas teóricas.

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

Problem solving and discussion, as well as laboratory work aim to consolidate the subjects presented in the lectures.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Fundamentals of Materials Science and Engineering, W.D. Callister, Jr. and D.G. Rethwisch, J. Wiley & Sons, Inc.*

- *Principles of Materials Science and Engineering, W.F. Smith, McGraw-Hill Series*

- *Phase transformations in Metals and Alloys, D.A. Porter and K.E. Easterling, Van Nostrand Reinhold Co. Ltd.*

- *Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, John Wiley and Sons*

- *Physique des Matériaux, Y. Queré, Ellipses*

- *Slides das aulas teóricas na página Moodle da disciplina.*

Mapa IV - Física e Tecnologia das Radiações

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física e Tecnologia das Radiações

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics and Technology of Radiations

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):

Daniel Galaviz Redondo ; 28hT

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

Luis Filipe dos Santos Garcia Peralta ; 28hPL

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

A - Apresentar os fundamentos da física da radiação, radioatividade e núcleo atómico.

B – Conhecer as formas e técnicas de deteção e de produção das radiações ionizantes de origem natural e artificial.

C – Conhecer experimentalmente as várias técnicas de deteção da radiação, assim como diversos aspectos da interação de diferentes tipos de radiação com diversos materiais.

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

A – Present the basics of radiation physics, radioactivity and the atomic nucleus.

B – Learn the detection and production techniques of ionizing radiations of natural and artificial origin.

C – Approach experimental various radiation detection techniques, as well as several aspects of the interaction of radiation with different materials.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à física das radiações*
- 2. Métodos de deteção da radiação*
- 3. Métodos estatísticos*
- 4. O núcleo atómico*
- 5. Leis do decaimentos radioativo*
- 6. Decaimentos alfa, beta e gama*
- 7. Interação da radiação com a matéria*
- 8. Fontes de radiação e aceleradores*
- 9. Neutrões*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to radiation physics*
- 2. Radiation detection methods*
- 3. Statistical methods*
- 4. The atomic nucleus*
- 5. Radioactive decay laws*
- 6. Alpha, beta and gamma decay*
- 7. Interaction of radiation with matter*
- 8. Radiation sources and accelerators*
- 9. Neutrons*

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

Esta UC foca os aspectos mais relevantes das radiações ionizantes, nas componentes física e tecnológica de produção de radiação. A física da interação da radiação com a matéria é abordada em detalhe. São discutidos os processos de produção da radiação através de dispositivos artificiais e de fenómenos físicos como a desintegração radioativa.

A compreensão dos processos nucleares que conduzem à emissão de radiação é fundamental para as aplicações tecnológicas da radiação, pelo que é feita uma introdução à física do núcleo atómico, bem como um estudo dos processos mais relevantes de desintegração radioativa. No estudo da radiação é fundamental a compreensão dos processos de interação com a matéria para uma correta interpretação dos dados obtidos com detectores de radiação ionizante.

Nesta UC são discutidos os processos de interação de partículas carregadas (electrões, prótons, alfas, etc) e de fótons com os materiais. Um curto capítulo é dedicado à interação de neutrões com a matéria.

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 ionizing radiation, considering the physics and technology components of radiation production. The physics behind the radiation-matter interaction is studied. The processes of radiation production through artificial devices and physical phenomena like radioactive disintegration are studied.

The understanding of the nuclear processes that induce the emission of radiation is crucial to advance in the use of radiation technologies, therefore an introduction to the physics of the atomic nucleus is done, as well as a study of the most relevant radioactive disintegration processes. It is also fundamental the understanding of the radiation-matter interaction processes for a correct interpretation of the data obtained with ionizing radiation detectors.

In this course the processes of interaction of charged particles and photons with matter are discussed. A final chapter is devoted to the interaction of neutrons with matter.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: Expositivas

PRÁTICA LABORATORIAL: Realização de experiências

AVALIAÇÃO:

Realização de trabalhos de laboratório (35%)

Apresentação de uma experiência em formato poster (10%)

Realização de trabalhos para casa na plataforma Moodle (15%)

Exame final (40%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: Oral exposition

LABORATORY: Execution of practical works

EVALUATION:

Execution of laboratory work (35%)

Oral presentation in poster format of one of the laboratory experiments (10%)

Homework via the Moodle Platform (15%)

Final exam (40%)

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

Este curso integra uma forte componente laboratorial de física das radiações onde são abordados diversos aspectos desenvolvidos nas aulas teóricas. Os alunos entram em contacto com os diversos tipos de detecção de radiação e estudam diversos aspectos da interação da radiação com os materiais.

Durante o curso os alunos são solicitados para a resolução de diversos problemas práticos e teóricos, sendo ativamente exploradas as novas funcionalidades de aprendizagem através de e-learning usando a plataforma Moodle.

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

This course integrates a strong laboratorial component on radiation physics on which the various aspects developed in the theoretical classes are explored. Students get in touch with the various kinds of radiation detection approaches, and study the various aspects of the interaction of radiation with matter.

During the course students are requested to solve various practical and theoretical problems, being explored new e-learning tools using the Moodle platform.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Radiation Detection and Measurement - G. F. Knoll, 4a ed (2010)*
- *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments – W. Leo (1994)*
- *Introductory Nuclear Physics – K. Krane (1988)*
- *Atoms, Radiation, and Radiation Protection - J. E. Turner, 3a ed. (2007)*

- *Physics for Radiation Protection - James Martin (2006)*
- *Physics and Engineering of Radiation Detection, S. N. Ahmed, (2007)*
- *Measurement and Detection of Radiation - Nicholas Tsoulfanidis & Sheldon Landsberger, ed. Taylor & Francis 3a ed. (2013)*

Mapa IV - Instrumentação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Instrumentação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

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 - 42 ; 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):

Guiomar Gaspar de Andrade Evans ; 42hT + 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):

Estudar, a nível avançado, os blocos electrónicos e as matérias importantes em Instrumentação, privilegiando o projeto de circuitos constituintes dos instrumentos.

Nesta Unidade Curricular pretende-se que os alunos estudem os blocos fundamentais que constituem os principais instrumentos de medida e que adquiram alguma autonomia no projeto e teste de circuitos.

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

To study, at an advanced level, the subjects and electronic blocks that are important to Instrumentation, focusing on the design of those electronic blocks.

In this course the students study the electronic blocks of the principal instruments and acquire skills in the test of circuits and in project development.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Fundamentos de Instrumentação e Medida.

2. Transdutores.

3. *Circuitos de Condicionamento e Processamento de Sinal.*

4. *Compensação e Controlo.*

5. *Instrumentos Electrónicos.*

6. *Instrumentos Virtuais e Sistemas Automáticos de Medida.*

7. *Barramentos de Comunicação para Instrumentos.*

8. *Conversores Analógico-Digital e Digital-Analógico.*

9. *Ruído.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Fundamentals of Instrumentation and Measurement.*

2. *Transducers.*

3. *Signal Processing and Conditioning Circuits.*

4. *Compensation and Control.*

5. *Electronic Instruments.*

6. *Virtual Instruments and Automated Measurement.*

7. *Communication Buses for Instruments.*

8. *Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Converters.*

9. *Noise.*

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 Instrumentos, focados em praticamente todos os itens apresentados, dá-se ênfase à medida e à sua automatização. Nomeadamente, nos capítulos 6 e 7 são introduzidos os processos de automatização de medida e os protocolos de comunicação, assim como o conceito de instrumento virtual. Esta metodologia prepara os alunos para a execução, teste e calibração de um instrumento simples (circuito e respetiva interface utilizador), que constitui o projeto da Unidade Curricular.

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 instrument's constituent circuits, focused on practically all the presented items, emphasis is given to the measure and its automation. In particular, chapters 6 and 7 introduce measurement automation processes and communication protocols, as well as the concept of the virtual instrument. This methodology prepares students for the execution, testing and calibration of a simple instrument (circuit and its user interface), which constitutes the project of this course.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: De natureza expositiva.

PRÁTICA LABORATORIAL: Desenvolvimento de competências na análise, no projeto e no teste de circuitos electrónicos.

AValiação: Execução de um projeto (50%); exame final (50%).

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: Execution of a project (50%); final exam (50%).

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 e os problemas a eles associados, sendo

apresentadas algumas técnicas de otimização.

As aulas de laboratório permitem o desenvolvimento da componente prática e o apoio ao projeto de execução de um instrumento baseado num dos atuadores estudados.

A metodologia utilizada no projeto 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:

In theoretical classes the electronics blocks and their issues are presented and discussed and, after that, some optimization techniques are proposed.

The laboratory classes allow the development of practical skills and the support for the execution of a project of an instrument based in one of the studied transducers.

The methodology used in the project will encourage the students how to address issues developed in the discipline in an integrated manner in order to enable each student to become independent in future studies.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Applied Electronic Instrumentation and Measurement: Buchla, McLachlan 1992 Merrill;*
- *Analog Integrated Circuit Design: Johns, Martin 1997 Wiley;*
- *Op Amps for Everyone: Mancini, Ron 2001 Texas Instruments;*
- *Microelectronic Circuits: Sedra, Smith 2004 Oxford University Press, 5th Ed*
- *Slides das aulas teóricas.: Guiomar Evans*

Mapa IV - Estágio em Engenharia Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Estágio em Engenharia Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Engineering Physics Traineeship

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:

336

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT - 28

4.4.1.6. ECTS:

12

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):

Oliinda Maria Quelhas Fernandes Conde ; OT - 28

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

Vários docentes envolvidos (orientadores).

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

A – Facultar aos estudantes um primeiro contacto com I&D em centros de investigação da academia ou em ambiente empresarial, em Portugal ou no estrangeiro.

B – Promover competências a nível teórico, experimental, de projeto, de planeamento de atividades, de análise e resolução de problemas, de comunicação oral e escrita.

C - Desenvolver práticas de pesquisa bibliográfica, exame crítico de artigos científicos, relatórios técnicos, patentes e outros.

D – Desenvolver a capacidade de trabalho autónomo e em grupo.

E – Promover a mobilidade internacional sempre que possível.

F – Preparar o ingresso num 2º ciclo de estudos ou a saída para o mercado de trabalho.

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

A - Provide students with a first contact with R&D in academic research centres or in a business environment, in Portugal or abroad.

B - Promote theoretical, experimental, project, activity planning, analysis and problem solving, oral and written communication skills.

C - Develop bibliographic research practices, critical examination of scientific articles, technical reports, patents and others.

D - Develop the ability to work independently and in groups.

E - Promote international mobility whenever possible.

F - Prepare to enter a 2nd cycle of studies or exit to the labour market.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Não aplicável

4.4.5. Syllabus:

Not Applicable

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

As técnicas e metodologias utilizadas na realização do Estágio em Engenharia Física complementam a formação adquirida pelo estudante nas unidades curriculares que o antecedem.

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

The techniques and methodologies used in the Engineering Physics traineeship complement the training acquired by the student in the preceding course units.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

OUTRA: A unidade curricular funciona com orientação individual do estudante por um supervisor.

AVALIAÇÃO:

- Apresentação de um relatório final de estágio;

- Apresentação oral e discussão do trabalho realizado perante um júri constituído, pelo menos, pelo coordenador do ciclo de estudos e pelo supervisor responsável no local do estágio.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

OTHERS: Individual student guidance by a supervisor.

EVALUATION:

- Presentation of a written report;

- Oral presentation with discussion of the work done; the members of the evaluation panel are the study cycle's coordinator and the supervisor in charge of the traineeship, at least.

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 progressão de estudos num 2º ciclo ou vida profissional futura.

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

The work performed by the student under the guidance of a supervisor enables him/her to develop useful skills for further studies in the frame of a Masters or future working life.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- A bibliografia aconselhada depende do tipo e tema do Estágio.

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

Seminário de Engenharia Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Engineering Physics Seminar

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:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T - 21

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde ; 21hT

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

Vários oradores (docentes do DF-FCUL e/ou profissionais externos).

Several speakers (DF-FCUL teachers and / or external professionals).

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

- Compreender a natureza, atividades, exigências, perfil e características quer da licenciatura em Eng. Física, quer do Engenheiro Físico.

- Informar e motivar os estudantes para a panóplia de temas abrangidos pela Engenharia Física.

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

- Understand the nature, activities, requirements, profile and characteristics of both the degree in Engineering Physics and the Physics Engineer.

- Inform and motivate students for the panoply of subjects covered by Engineering Physics.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Serão apresentados e discutidos temas diversos relacionados com a área das engenharias e tecnologias físicas, com base em exemplos convencionais ou da actualidade.

4.4.5. Syllabus:

Several topics related to the area of engineering and physical technologies will be presented and discussed, based on conventional or current examples.

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

A apresentação e discussão de diversos temas mostra a Engenharia Física como uma Engenharia de banda larga e contribui para a motivação e integração dos estudantes.

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

The presentation and discussion of various topics shows Engineering Physics as a broadband engineering and contributes to the motivation and integration of the students.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

TEÓRICA: apresentação com discussão de temas diversos, sob a forma de aulas teóricas tradicionais e/ou de seminários.

AVALIAÇÃO:

- cada aluno deverá responder on-line a questões sobre cada um dos temas apresentados;

- cada aluno deverá apresentar oralmente um tema à sua escolha e previamente aceite pelo docente responsável pela unidade curricular.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

LECTURES: presentation with discussion of various topics, in the form of traditional theoretical classes and / or seminars.

EVALUATION:

- Each student should answer questions online about each of the topics presented;

- Each student must present orally a subject of their choice and previously accepted by the teacher responsible for the course unit.

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

A promoção de seminários participativos com a colaboração de pessoas/entidades externas ligadas à área das engenharias e tecnologias físicas, em particular de graduados pelos ciclos de estudo da responsabilidade do DF-FCUL nesta área, já terminados (ex-licenciaturas em Física Tecnológica e Engenharia Física, e mestrado integrado em Engenharia Física) que se encontram a desenvolver a sua atividade profissional em múltiplos sectores, deverá contribuir para que os estudantes deste novo ciclo de estudos adquiram uma percepção da natureza do meio onde irão exercer a sua atividade e do carácter que esta deverá ter, perdendo todo e qualquer receio sobre um possível estrangulamento da gama de ocupações profissionais disponíveis.

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

The promotion of participatory seminars with the collaboration of external people / entities related to the area of engineering and physical technologies, in particular graduates from the study cycles under the responsibility of DF-FCUL in this area, already completed (former bachelor degrees in Technological Physics and Engineering Physics, and an integrated master in Engineering Physics) that are developing their professional activity in multiple sectors, should contribute to the students of this new cycle of studies acquire a perception of the nature of the environment where they will pursue their activity and of the characteristics that this activity should have, losing all fear of a possible bottleneck of the range of professional occupations.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Diversa, segundo os temas apresentados.

Diverse, according to the topics discussed.

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 em parte nos laboratórios de investigação do DF e utilizando as técnicas e as metodologias próprias da atividade de investigação. O Estágio em Eng. Física no último semestre do ciclo de estudos representa uma oportunidade à inserção em projetos de I&D, permitindo intensificar 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, often taking place in the research laboratories of the Phys. Dept., and using the techniques and methodologies that characterize the research activity. The Traineeship in the last semester 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 licenciado tem 180 a 240 créditos ECTS e uma duração normal compreendida entre seis e oito semestres curriculares de trabalho dos estudantes.

Nesta proposta de Licenciatura em Engenharia Física optou-se por 180 créditos ECTS, com uma duração de seis 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 bachelor degree is 180 to 240 ECTS credits with a duration between six to eight semesters.

In this bachelor's degree proposal in Engineering Physics, 180 ECTS credits were chosen, with a duration of six 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:

- Os estudantes terão de realizar 6,0 ECTS optativos numa das seguintes áreas científicas: CEGO ou FCSE ou OUTRA (cf. 4.2.2.).

Espera-se que a grande maioria dos alunos realize o Estágio no âmbito do Programa Erasmus ou em Laboratórios de Investigação.

4.7. Observations:

- Students will have to complete 6.0 ECTS in one of the following optional scientific areas: CEGO or FCSE or OTHER (see 4.2.2.).

The vast majority of students are expected to complete the Internship under the Erasmus Program or in Research Laboratories.

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
Ana Cristina Melo e Sousa Albuquerque Barroso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Ana Maria Formigal de Arriaga	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física Nuclear	100	Ficha submetida
Ana Rute do Nascimento Mendes Domingos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Matemática	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
Edgar Paiva Nunes Cravo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física Nuclear	100	Ficha submetida
Guiomar Gaspar de Andrade Evans	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física, Especialidade Electrónica e Instrumentação	100	Ficha submetida
Iveta Rombeiro do Rego Pimentel	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física da Matéria Condensada Teórica	100	Ficha submetida
João Miguel Pinto Coelho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Joaquim Eduardo Gonçalves Severino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Estatística e Investigação Operacional	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
José Pedro Oliveira Mimoso	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Astronomia e Astrofísica	100	Ficha submetida
Carlos Eduardo Ramos dos Santos Lourenço	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Neurocomputação	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 da Estrela Borges de Melo Jorge	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Química Inorgânica/Química do Estado Sólido	100	Ficha submetida
Maria Margarida Colen Martins da Cruz	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Maria Teresa Faria da Paz Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Matemática - especialidade de Análise Matemática	100	Ficha submetida
Mário João de Jesus Branco	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Informática Teórica / Matemática	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
Olinda Maria Quelhas Fernandes Conde	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Patrícia Ferreira Neves Faísca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Rui Jorge Lourenço Santos Agostinho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astrofísica e Física	100	Ficha submetida
Vladimir Vladlenovich Konotop	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Agostinho da Silva Gomes	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	0	Ficha submetida
Cristóvão de Sousa Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Gina Maria Costa Caetano	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Eng ^a Biomédica, Eng ^a Física	100	Ficha submetida
Raquel João Espinha Fonseca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Investigação Operacional	100	Ficha submetida
Maria Margarida Teixeira de Faria Meireles	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Bioquímica	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
Helena de Fátima Nunes Casimiro dos Santos	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
Nuno Miguel de Pinto Lobo e Matela	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Biofísica e Engenharia Biomédica	100	Ficha submetida
				3500	

<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.

37

5.4.1.2. Número total de ETI.

35

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:	35	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):	35	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	33	94.285714285714 35
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 35

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	35	100 35
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 35

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.º 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 (amphitheatres 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):

- movimentos circular uniforme, harmónico simples, coef. atrito estático, mom. angular, mom. inércia
- linhas do campo eléctrico, campo magnético num solenoide, indução magnética, circuitos dc/ac
- corda vibrante, cabo coaxial
- lei dos gases ideais, máquina térmica, equiv. mecânico e eléctrico da caloria, capacidades caloríficas e calores latentes
- ótica geométrica c/ laser e lâmpada, difracção e interferência c/ luz visível, ótica de microondas
- lei de Stefan-Boltzmann, emissividade de superfícies, distribuição espectral da rad. emitida filamento quente, Cte de Rydberg, efeito fotoeléctrico, espectros de riscas de gases
- razão e/m do electrão
- teste/ajuste detetores de cintilação, electrónica nuclear, câmaras de ionização, correlações angulares
- efeito Hall
- ensaios de tracção
- transmitância UV-Vis-IR
- fluorescência de Raios X
- componentes eletrónicos
- Oficina Mecânica: Fresadora CNC; Fresadoras mecânica e c/ sistema de metrologia ótica; Torno mecânico; Engenho de furar.

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

- uniform circular motion and simple harmonic motion, static friction coef., angular mom. and inertia mom.
- electric field lines, magnetic field in a solenoid, magnetic induction, dc/ac circuits
- vibrating string, coaxial cable
- law of ideal gases, heat engine, mechanical and electrical equiv. of the calorie, heat capacities and latent heat
- geometric optics with laser and lamp, diffraction and interference with visible light, microwave optics
- Stefan-Boltzmann law, surface emissivity, spectral distribution of rad. emitted by hot filament, Rydberg Cte, photoelectric effect, emission spectra of gases
- e/m ratio of the electron
- test/adjustment of scintillation detectors, nuclear electronics, ionization chambers, angular correlations
- Hall effect
- tensile tests
- UV-Vis-IR Transmittance
- X-ray fluorescence
- electronic components

- *DF Mechanical Workshop: CNC Milling Machine; Mechanical milling machine and with optical metrology system; Mechanical lathes; Drilling machine.*

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	6	
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	3	
BioISI - Instituto de Biosistemas e Ciências Integrativas / Institute of BioSystems & Integrative Sciences	Bom /Good	FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa / Faculty of Sciences of the University of Lisbon	3	
CENTRA-Ciências - Centro de Astrofísica e Gravitação / Center for Astrophysics and Gravitation	Excelente /Excellent	IST - Instituto Superior Técnico	2	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/6bd33987-d912-44ab-32de-5d6e9d2aff68>

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/6bd33987-d912-44ab-32de-5d6e9d2aff68>

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)

*INICIATION 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 REAÇÕES NUCLEARES (2016-20)*
**A NATUREZA DO LADO ESCURO DO UNIVERSO (2017)*
**GRAVITATIONAL LENSES IN THE UNIVERSE WITH EUCLID (2015-18)*
**COLABORAÇÃO NA EXPERIENCIA 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)
- * CRYOGENIC 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:

O ciclo de estudos proposto tem a duração de três anos. Todos os cursos existentes atualmente são de Mestrado Integrado em Engenharia Física (cinco anos). Embora nestes cursos esteja previsto que a conclusão dos primeiros 3 anos confira o grau de licenciado em Ciências da Engenharia - Engenharia Física, não existem dados oficiais de empregabilidade disponíveis para esta licenciatura.

Por outro lado, é possível afirmar que a grande maioria dos estudantes que termina o 1ª ciclo do Mestrado Integrado prossegue os estudos no 2º ciclo do mesmo ou num diferente.

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

The duration of the proposed cycle of study is three years. All current courses are Integrated Masters in Engineering Physics lasting for five years. Although in these courses the conclusion of the first 3 years confers the degree of Engineering Science - Engineering Physics, there is no official employability data available for this degree.

On the other hand, it can be stated that the vast majority of students who finish the 1st cycle of the Integrated Master in Engineering Physics continue their studies in the 2nd cycle of the same course or in a different one.

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

O novo CE, Licenciatura em Eng. Física (LEF), resulta da reestruturação do atualmente em curso Mestrado Integrado em Eng. Física (MIEF). Os dados publicados na página da DGES mostram que:

1. *O nº de candidatos ao MIEF-FCUL tem vindo a aumentar continuamente (140 candidatos em 2012; 324 candidatos 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. Em consequência, temos a expectativa de que estes bons resultados se mantenham no novo curso LEF.

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

The new cycle of study – Bachelor in Engineering Physics (LEF), 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. Therefore, it is expected these good results to continue in the new LEF course.

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.

Os estudantes do novo curso – Licenciatura em Engenharia Física, realizam um Estágio em Eng. Física de 12 ECTS no sexto semestre. Este período de formação poderá decorrer, em particular, em laboratórios universitários exteriores à FCUL, nomeadamente do Instituto Superior Técnico e outras escolas da ULisboa, mediante acordos formais ou informais, existindo sempre um orientador interno na FCUL 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 students of the new course – BSc in Engineering Physics, undertake Traineeship of 12 ECTS in the 6th semester. This period of training may take place, in particular, in university laboratories outside FCUL, e.g. Instituto Superior Técnico and other schools of ULisboa, by formal or informal arrangements, and there shall always be an internal advisor at FCUL 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 – 3 anos/180 ECTS, e Mestrados – de 18 meses até 2 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 objectivos gerais dos cursos de Licenciatura são semelhantes ao da FCUL: preparar estudantes com forte formação de base em física e matemática, complementada por formação em eletrónica e programação, promovendo a aprendizagem pela prática e conferindo-lhes competências para prossecução de estudos num 2º ciclo em Eng. Física ou áreas relacionadas, ou ingresso no mercado de trabalho.

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 undergraduate courses are similar to those of FCUL: to prepare students with a strong background in physics and mathematics, complemented by training in electronics and programming, promoting learning by doing and giving them skills to pursue studies in a second cycle in Engineering Physics or related areas, or entering the job market.

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

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

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

<sem resposta>

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

<no answer>

11.4. Orientadores cooperantes

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

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

<sem resposta>

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

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

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

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

*** *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, reconhecida nacional e internacionalmente como referência no ensino superior
2. Longa experiência de formação (1982) do DF na área da Eng. e Tecnol. Físicas, com elevado sucesso de empregabilidade dos graduados
3. Sólida formação em Física e Matemática, complementada por formação típica de engenharia
4. Organização do 2ºS/3ºAno em quartis viabilizando a realização do Estágio em ambiente empresarial e/ou Erasmus (mobilidade dos estudantes no espaço internacional)
5. Elevada qualificação do corpo docente, com vasta experiência pedagógica e científica; qualidade dos grupos de investigação associados ao CE, com fortes colaborações nacionais e elevado grau de internacionalização
6. Boas infraestruturas laboratoriais e computacionais, de salas de aula, equipamentos e espaços de estudo, bibliotecas
7. Boa localização de Ciências, num campus de fácil acesso por transportes públicos e com boas infraestruturas de apoio
8. Sinergia com os outros 1º CE do DF.

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 on 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 as a benchmark of quality in the training of undergraduate and graduate students;
2. The Department of Physics of the FCUL has a long experience (since 1982) of training in the field of Engineering Physics and Technologies, with high success of employability of its graduates;
3. Solid background in Physics and Mathematics, complemented by typical engineering background
4. Organization of the 2nd sem./ 3rd Year in quartiles enabling the realization of the Traineeship in business environment and / or Erasmus (student mobility in the international space)
5. High qualification of the teaching staff, with vast pedagogical and scientific experience; quality of Study Cycle-associated research groups, with strong national collaborations and a high degree of internationalization
6. Good laboratory and computational infrastructures, classrooms, equipments and study spaces, libraries
7. Good FCUL location, in a campus easily accessible by public transportation and with good supporting infrastructures
8. Synergy with the other Dept. Physics' first study cycles.

12.2. Pontos fracos:

1. Prevê-se que alguns alunos abandonem o curso no final do 1º ano, porventura por deficiente ou inexata informação sobre a envolvente e exigência da Eng. Física.
2. A partilha de disciplinas de formação geral com os 1º ciclos de Física e Eng. Biomédica e Biofísica implica algumas dificuldades na estrutura curricular e nos conteúdos das disciplinas do CE em Eng. Física.

12.2. Weaknesses:

1. Some students are expected to drop out at the end of the first year, perhaps because of poor or inaccurate information about the environment and requirements of Engineering Physics.
2. The sharing of general training subjects with the 1st cycles of Physics and Biomedical Engineering and Biophysics implies some difficulties in the curricular structure and in the contents of some of the curricular units of Engineering

*Physics.***12.3. Oportunidades:**

1. Crescente importância da formação em Engenharia e Tecnologias Físicas (ETFIS) 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 ciclos de estudo em ETFIS nas universidades europeias e países da CPLP, levando à possibilidade de motivação/dinamização da procura por parte de estudantes estrangeiros
4. Conhecimento mais aprofundado das grandes infraestruturas europeias de investigação científica e tecnológica e da natureza das iniciativas que elas acolhem na área da formação, proporcionando novas oportunidades para formandos (estágios, cursos de formação, pleno emprego, etc.)
5. Formação em física e engenharia é objecto de recentes medidas políticas diferenciadoras pela positiva (ex: não redução de entradas no CNA)
6. 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 (ETFIS) 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 of ETFIS study cycles at European universities and CPLP countries, leading to the possibility of motivating/boosting the demand of foreign students
4. More in-depth knowledge of major European scientific and technological research infrastructures and of the nature of their initiatives in the field of training, providing new opportunities for trainees (traineeships, training courses, full employment, etc.)
5. Training in physics and engineering is the subject of recent positive differentiating policy measures (eg. no reduction in CNA entries)
6. 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; no entanto, a procura pelo ciclo de estudos de Ciências tem vindo a aumentar sistematicamente desde 2014, assim como a nota mínima do último colocado na 1ª fase;
2. Renovação insuficiente do corpo docente; corpo docente com formação inicial na área das engenharias 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;
5. Método de colocação utilizado pelo ministério que seria os candidatos com base em diferenças insignificantes de classificação desprezando inteiramente as motivações e interesses destes.

12.4. Threats:

1. Existence of two competing offers in the Lisbon region; however, the demand for the FCUL study cycle has been steadily increasing since 2014, as well as the minimum grade of the last placed student in the 1st stage
2. Insufficient renewal of teaching staff; teaching staff with reduced initial background in engineering
3. Need to implement training strategies that prioritize the demands of the external job market to the detriment of the interests of the associated research centers
4. The cost of housing and its lack in the city of Lisbon may lead to a reduction in demand
5. Placement method used by the ministry that sort the candidates based on insignificant differences in classification entirely disregarding their motivations and interests

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) embora com total individualidade da nova Licenciatura em Engenharia 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 da nova Licenciatura serão continuar a atrair estudantes de elevada qualidade e com um nível crescente de motivação, e encontrar mecanismos de incentivo que permitam reduzir a taxa de abandono normalmente verificada no 1º ano. A introdução de uma UC de Seminário de Engenharia Física no 1º ano e de um Estágio no final do terceiro deverão contribuir para esclarecer, cativar e fixar os estudantes neste ciclo de estudos, formalmente novo mas com cerca de quatro décadas de experiência e resultados acumulados.

Sendo que a formação oferecida permite, em primeiro lugar, que os alunos prossigam os seus estudos para um 2º Ciclo em Engenharia Física, ou em áreas afins, a possibilidade de saída para o mercado de emprego no final deste 1º ciclo é real e tem de ser considerada de forma positiva à luz do espírito de Bolonha, pelo que a educação ministrada neste 1º Ciclo 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 TF, preserving the previous structure and accentuating the tendency of differentiation in relation to the other courses of the Physics 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 Degree will be to continue to attract high quality students with an increasing level of motivation, and to find incentive mechanisms that will reduce the dropout rate normally experienced in the first year. The introduction of an Engineering Physics Seminar in the 1st semester and a Traineeship at the end of the study cycle should help to enlighten, captivate and retain the students in this formally new cycle of studies, but with about four decades of experience and accumulated results.

Since the offered training first allows students to pursue their studies for a 2nd cycle in Engineering Physics, or in related fields, the possibility of leaving the job market at the end of this 1st cycle is real and must be considered positively in the light of the spirit of Bologna, so the education given in this 1st Cycle should always keep in mind new opportunities, stimulating creativity, innovation and entrepreneurship.