

NCE/19/1901139 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:
Universidade De Coimbra

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):
Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:
Licenciatura em Engenharia Física

1.3. Study programme:
Bachelor in Engineering Physics

1.4. Grau:
Licenciado

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:
Engenharia Física

1.5. Main scientific area of the study programme:
Engineering Physics

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):
529

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:
441

1.6.3 Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:
<sem resposta>

1.7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:
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):
6 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):
6 semesters

1.9. Número máximo de admissões:

45

1.10. Condições específicas de ingresso.

De acordo com o Regulamento Académico da UC as condições específicas de acesso e ingresso dos estudantes nos 1.º ciclos de estudos, nomeadamente no que concerne a provas e vagas, são fixadas pelo Reitor, mediante proposta das Unidades Orgânicas, com o elenco das provas de ingresso fixado pela Comissão Nacional de Acesso ao Ensino Superior (CNAES), sob proposta da UC. As vagas são fixadas anualmente pela Direção Geral do Ensino Superior (DGES).

- Concurso Nacional de Acesso: Física e Química (07) e Matemática A (19), com a classificação mínima de 10.0 valores (95 pontos) em cada prova de ingresso.

- Reingresso, transferência e mudança de curso

- Concurso especial de acesso para maiores de 23 anos

- Concurso especial de acesso para titulares de curso médio ou superior

- Concurso especial para estudantes internacionais (<http://www.uc.pt/candidatos-internacionais/regulamento/Regulamento-EEI-DR.pdf>).

Estas condições de acesso sem https://www.uc.pt/candidatos/escola_1.

1.10. Specific entry requirements.

According to the Academic Regulation of the UC the specific access conditions of the students in the 1st cycles of studies, inamely regarding the necessary exams and vacancies, are fixed by the Rector, based on the proposal of the Organizational Units, with the list of access exams determined by the National Commission for Access to Higher Education (CNAES), according to the proposal from the UC. Vacancies are fixed annually by the General Directorate of Higher Education (DGES).

- National Access Contest: National Exams of Physics and Chemistry (07) and Mathematics A (19), with a minimum score of 10.0 points (95 points) in each.

- Re-entry, transfer and change of course

- Special access contest for students above 23 years

- Special access contest for holders of medium or higher education course

- Special access contest for international students (<http://www.uc.pt/candidatos-internacionais/regulamento/Regulamento-EEI-DR.pdf>).

Access conditions https://www.uc.pt/candidatos/escola_1

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

<sem resposta>

1.11.1. If other, specify:

<no answer>

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Department of Physics of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra

1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):[1.13._Regulamento_Creditacao_Formacao_Anterior_Experiencia_Profissional_UC.pdf](#)**1.14. Observações:**

Para obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Física (LEF) é necessário completar 180 ECTS de disciplinas obrigatórias, ao longo de seis semestres, sem percursos alternativos. A par de disciplinas de base em Física clássica e moderna, o aluno tem, durante o seu percurso e em todos os anos da licenciatura, disciplinas laboratoriais, que lhe permitem um contacto com aplicações práticas dos assuntos lecionados, aumentando-se gradualmente a autonomia do aluno, e no último ano é fomentado o contacto dos alunos nestas disciplinas com os laboratórios de investigação. Estão envolvidos na leção outros departamentos da FCTUC para além do Departamento de Física, nomeadamente nas áreas de engenharia informática e eletrotécnica e na área de gestão, permitindo ao aluno uma formação abrangente em engenharia, para além da formação forte em Física. O último ano da licenciatura inclui a disciplina de Projeto e Conceção de Instrumentos (6 ECTS) no sexto semestre, com características de projeto integrador, refletindo a formação multidisciplinar obtida nesta Licenciatura. Decorre em ambiente de laboratório, tendo o aluno que completar

um projeto em grupo ou individual, de forma autónoma e aplicando os conhecimentos obtidos ao longo dos anos anteriores.

A Licenciatura em Engenharia Física não inclui estágio, mas estão disponíveis estágios de verão, de frequência voluntária, em unidades de investigação e empresas, para os alunos interessados em aprofundar os seus conhecimentos em áreas específicas.

1.14. Observations:

To obtain the bachelor degree in Engineering Physics the student has to complete 180 ECTS , without alternative paths. Together with Physics courses, both classical and modern, the student has all along this study cycle, laboratory subjects, that allow him to get acquainted with practical applications of the subjects studied. The student's autonomy increases gradually along the study cycle and in the last year the contact with the investigation laboratories of the department is encouraged. In the bachelor study cycle are involved other departments of the FCTUC, namely in the areas of computation and electronics engineering and in the area of management, establishing a broad student profile in engineering. The last semester comprises the subject "Project and Conception of Instruments" (6ECTS), a multidisciplinary project, where the student has to apply the knowledge acquired in the previous semesters in an autonomous way.

The bachelor degree in Engineering Physics does not include internships but summer internships of 2-3 months are available on research units or industrial companies for the students that are interested in deepening their knowledge in specific areas.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Reitor da Universidade de Coimbra

2.1.1. Órgão ouvido:

Reitor da Universidade de Coimbra

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

[2.1.2._70_Eng_Fisica_Licenciatura_compressed.pdf](#)

Mapa I - Conselho Científico da FCTUC

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FCTUC

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

[2.1.2._ActaCC_FCTUC_18_12_2019.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da FCTUC

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FCTUC

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

[2.1.2._Extrato_ataCP_FCTUC_20200415_signed_100k.pdf](#)

Mapa I - Plano de correspondência

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de correspondência

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

[2.1.2._LEF_compressed.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:

A Licenciatura em Engenharia Física (LEF) tem como objetivo proporcionar aos estudantes uma forte formação em áreas estruturantes como física, matemática e computação, para além de áreas específicas de Engenharia Física e desenvolver competências para o prosseguimento de estudos ou a inserção no mercado de trabalho como engenheiro nesta área ou áreas afins.

No final da LEF, o estudante deverá possuir:

- conhecimentos essenciais em Matemática, Programação e Análise de Sinais e Sistemas, e uma sólida formação em Física clássica e moderna, configurando uma formação inicial de banda larga que lhe permita prosseguir a sua formação avançada em diversas áreas de especialização.
- competências necessárias ao exercício da profissão, como espírito científico, sentido crítico, criatividade, capacidade de aprender autonomamente, de trabalhar em equipas interdisciplinares, capacidade de comunicação.

3.1. The study programme's generic objectives:

The LEF degree aims at providing the student with a strong structural knowledge in structural areas like physics, mathematics and computation, and also in specific areas of Engineering Physics with the aim of allowing the continuity of further studies in the Engineering Physics area or in related areas or eventually working as an engineer in this area.

At the end of LEF, the student should have:

- Basic knowledge in mathematics, computation and signal and system analysis and a strong formation in physics, both classic and modern, comprising an initial large band formation. This will allow the student to proceed his/her advanced training in different specialization areas.
- Acquired the skills required for professional practice, like scientific aptitude and creativity, sense of responsibility and critical thinking, autonomous learning ability, ability to work in interdisciplinary teams and communication skills.

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

Conhecimentos sólidos na área de Física, nomeadamente de Física moderna, e conhecimentos obtidos nas disciplinas de engenharia e gestão. A estes conhecimentos, junta-se a capacidade de os aplicar na prática, a capacidade para aprender, bem como a capacidade de análise e de síntese. Estas competências, bem como a criatividade e a capacidade de adaptação a novas situações, capacidade de organização e planificação e a capacidade de gestão da informação, são consideradas relevantes pelos empregadores e ex-alunos e estão associadas à Engenharia Física, em conformidade com os estudos europeus na área, tais como o estudo da Agência Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA)1.

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

Solid knowledge in Physics and the knowledge acquired in the engineering, computing and management subjects. Also, the ability to apply this knowledge in practical situations, the ability to learn and be creative and the ability to adapt to new situations. Organizational and planning skills and the capacity to manage different types of information are also considered important by employers and former students and are associated with Engineering Physics, as revealed in European studies of this area, namely the report from Agência Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA)1.

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:

Os objectivos definidos enquadram-se dentro da missão da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, que consiste na educação e formação de profissionais de Engenharia de nível internacional, sustentadas em Investigação e Desenvolvimento de excelência com foco regional mas com qualidade reconhecida ao nível global e numa prática de extensão de reconhecida qualidade, contemplando as vertentes científica, técnica, ética e cultural. A LEF tem um plano de estudos diversificado, atribuindo a lecionação de cada área aos departamentos especializados em cada assunto, proporcionando aos alunos um conhecimento de excelência não só na área de Física, mas também na área da matemática, química, engenharia, computação e gestão.

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 objectives fall within the mission of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra, which consists of education and training of professionals in engineering, with a globally recognized excellence, contemplating the scientific, technical, ethical and cultural aspects of the university extension practices.

LEF attributes the teaching of the subjects of each area to the specialized departments of the FCTUC, namely in what concerns mathematics, chemistry, computation, management, providing to its students a training of excellence in these areas.

4. Desenvolvimento curricular

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

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

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

<sem resposta>

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

Mapa II - -

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

-

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

-

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Física Básica	FB	24	0	
Matemática	M	30	0	
Computação	COMP	6	0	
Química	Q	6	0	
Física da Especialidade	FE	42	0	
Física Aplicada e Tecnológica	FAT	12	0	
Gestão e Comunicação	GC	15	0	
Engenharia	ENG	45	0	
(8 Items)		180	0	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - - 1/1

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

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1/1

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)
Análise Matemática I / Mathematical Analysis I	M	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Álgebra Linear e Geometria Analítica / Linear Algebra and Analytic Geometry	M	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Análise de dados e Técnicas Laboratoriais de Física / Data Analysis in Physics laboratory	FB	Semestral	162	14T+42PL	6	Obrigatória/Compulsory
Física Geral I/Physics I	FB	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Química Geral/General Chemistry	Q	Semestral	162	28T+21TP+9PL	6	Obrigatória/Compulsory
(5 Items)						

Mapa III - - - 1/2**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1/2

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)
Fundamentos de Física Moderna/Foundations of modern physics	FB	Semestral	162	28T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Análise Matemática II/ Mathematical Analysis II	M	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Seminários de Engenharia Física/ Seminars of Engineering Physics	ENG	Semestral	81	28TP	3	Obrigatória/Compulsory
Ética, Comunicação e Liderança/ Ethics, Communication and Leadership	GC	Semestral	81	28TP	3	Obrigatória/Compulsory
Computadores e Programação/ Computers and Programming	COMP	Semestral	162	56PL	6	Obrigatória/Compulsory
Física Geral II/ Physics II	FB	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
(6 Items)						

Mapa III - - - 2/1**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2/1

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)
Análise Matemática III/ Mathematical Analysis III	M	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Eletromagnetismo I/Electromagnetism I	FE	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Mecânica Clássica/Classical Mechanics	FE	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Termodinâmica/Thermodynamics	FE	Semestral	162	42T+14TP	6	Obrigatória/Compulsory
Laboratórios I/Laboratories I	FAT	Semestral	162	42PL	6	Obrigatória/Compulsory
(5 Items)						

Mapa III - - - 2/2**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2/2

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)
Ondas e Ótica /Waves and Optics	FE	Semestral	162	42T+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
Mecânica Quântica/Quantum Mechanics	FE	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Eletrónica/Electronics	ENG	Semestral	162	28T+42PL	6	Obrigatória/Compulsory
Sinais e Sistemas /Signals and Systems	ENG	Semestral	162	28T+14TP+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
Modelação Computacional/Computational Modeling	M	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
(5 Items)						

Mapa III - - - 3/1**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3/1

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 Atómica e Nuclear/Atomic and Nuclear Physics	FE	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Laboratórios II/Laboratories II	FAT	Semestral	162	56PL	6	Obrigatória/Compulsory
Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados/ Instrumentation and Data Acquisition Systems	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
Inovação e Empreendedorismo Tecnológico/ Innovation and Technological Entrepreneurship	GC	Semestral	162	28T+28S	6	Obrigatória/Compulsory
Sistemas digitais e microcontroladores/Digital Systems and Microcontrollers	ENG	Semestral	162	28TP+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
(5 Items)						

Mapa III - - - 3/2**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

-

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

-

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

3/2

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 dos Sólidos e das Moléculas/Physics of molecules and solids	FE	Semestral	162	42T+28TP	6	Obrigatória/Compulsory
Técnicas de Planeamento e Gestão/ Planning and Management Techniques	GC	Semestral	162	56TP	6	Obrigatória/Compulsory
Sistemas Informáticos/ Informatics Systems	ENG	Semestral	162	28T+14TP+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
Projeto e Conceção de Instrumentos/ Project and Instrumentation Design	ENG	Semestral	162	28TP+28PL	6	Obrigatória/Compulsory
Laboratórios Avançados de Física/ Advanced Laboratories in Physics	ENG	Semestral	162	56PL	6	Obrigatória/Compulsory
(5 Items)						

4.4. Unidades Curriculares**Mapa IV - Ética, Comunicação e Liderança****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Ética, Comunicação e Liderança*

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Ethics, Communication and Leadership

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

GC

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

81h

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Presença obrigatória em 75% das aulas

4.4.1.7. Observations:

Students must be present in 75% of classes

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

Ana Luísa Sousa Pinto (TP:28h)

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

<sem resposta>

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

O estudante deverá aprender como adquirir as competências necessárias para ser um engenheiro de sucesso. Em particular, serão discutidas competências não técnicas (também conhecidas como soft skills). É expectável que os estudantes desenvolvam aspetos do "saber ser" (componente interpessoal/humana) que complementem o "saber fazer" proporcionado pela sua formação académica de base. O curso ajudará, assim, os estudantes a: melhorar a comunicação verbal, não verbal e a escuta ativa; preparar, organizar, escrever (e apresentar) uma comunicação com recurso a ferramentas adequadas; reconhecer e aplicar os princípios de liderança; melhorar as aptidões de trabalho em equipa; desenvolver a auto-motivação e promover a motivação em outros; gerir o tempo; manifestar ética e deontologia nas ações desenvolvidas.

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

The student must learn how to acquire the skills necessary to be a successful engineer. In particular, non-technical skills (also known as soft skills) will be discussed. Students are expected to develop aspects of "know-how-to-be" (interpersonal / human component) to complement the "know-how" provided by their basic academic background. The course will thus help students to: improve verbal, nonverbal communication and active listening; prepare, organize, write (and present) a communication using appropriate tools; recognize and apply the principles of leadership; improve teamwork skills; develop self-motivation and promote motivation in others; manage time; manifest ethics and deontology in the actions developed.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *A importância das competências transversais (soft skills) para o mercado de trabalho atual - o caso específico das engenharias*
- *Soft skills:*
- *comunicação;*
- *liderança e gestão de equipas;*
- *motivação;*
- *gestão de tempo;*
- *ética e deontologia.*

4.4.5. Syllabus:

- *The importance of soft skills for the current labor market - the specific case of engineering*
- *Soft skills:*
- *communication;*
- *leadership and team management;*
- *motivation;*
- *time management;*
- *ethics and deontology.*

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

Os desafios económicos e as mudanças decorrentes da globalização fizeram com que o mercado de trabalho deixasse de ter só em consideração as competências técnicas para ter também em consideração as competências transversais. Tratando-se de uma cadeira introdutória, pretende-se numa primeira fase chamar a atenção para a relevância das competências transversais para os cursos de engenharia, para, posteriormente, apontarmos soft skills essenciais (comunicação, liderança, gestão de equipas, motivação, gestão do tempo e ética e deontologia) para o desempenho adequado da função de engenheiros.

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

The economic challenges and changes that come from globalization have made the labor market consider hard skills as well as soft skills. As this is an introductory course, it is intended, in the first phase, to draw attention to the relevance of soft skills for engineering courses, and then point out essential soft skills (communication, leadership, team management, motivation, time management and ethics and deontology) for the proper performance of the function of engineers.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição e métodos activos (trabalhos sobre textos; debates; análise de casos; exercícios práticos; sessões de brainstorming; trabalhos de grupo)

Método de avaliação: Mini testes: 30%; Projeto 50%; Trabalhos realizados ao longo do semestre (maioritariamente intra-aula) 20%.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures and active methods (work on texts; debates; case studies; practical exercises; brainstorming sessions; workgroups)

Assessment method: Test 30%; Project 50%; Work done throughout the semester (mostly in class) 20%.

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

A aprendizagem activa requer atividades cuidadosamente construídas que desafiam os estudantes a executar tarefas. Pode ser feita de várias formas: aprendizagem baseada em problemas; aprendizagem baseada em projetos; aprendizagens de descoberta; simulações, jogos, debates, etc. A aprendizagem está baseada no aprender fazendo e os estudantes estão envolvidos na sua própria aprendizagem. Para desenvolver soft skills, os estudantes devem refletir completamente sobre as suas ações. A aprendizagem ativa geralmente é feita em cooperação - a aprendizagem cooperativa em grupo fornece o ambiente e as interações necessárias para aprender soft skills.

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

Active learning requires carefully constructed activities that challenge students to perform tasks. It can be done in several ways: problem-based learning; project-based learning; discovery learning; simulations, games, debates, etc. Learning is based on learning by doing and students are involved in their own learning. To develop soft skills students must fully reflect on their actions. The active learning is usually done in cooperation - cooperative group learning provides the environment and interactions necessary to learn soft skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Chenicheri S. N., Arun P. & Patricie M. (2009). Re-engineering graduate skills – a case study, European Journal of Engineering Education, 34:2, 131-139, DOI: 10.1080/03043790902829281*
- *Fachada, M. O. (2014). A pratica da liderança - a liderança na prática. Edições Sílabo.*
- *Fachada, M. O. (2018). Psicologia das relações interpessoais. Edições Sílabo.*
- *Gonçalves, S. (2014). Psicossociologia do trabalho e das organizações. Lisboa: Pactor.*
- *Kondalkar, V.G. (2007). Organizational behavior. New Age International Publishers*
- *Miguel Pinha et al. (2007). Manual de comportamento organizacional e gestão. Lisboa: RH Editora.*
- *Pulko, H. S. & Parikh, S. (2003). Teaching 'Soft' Skills to Engineers . The international Journal of Electrical Engeneering & Education, 40 (4), 243-254*
- *Robbins, S. & Judge, T. (2012). Organizational behavior. Pearson.*

Mapa IV - Sinais e Sistemas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Sinais e Sistemas

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Signals and Systems

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

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):
João Pedro Barreto (T: 28; TP: 14; PL: 28)

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
Marco Alexandre Cravo Gomes (PL: 28)

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Adquirir conhecimentos e competências sobre técnicas de análise e processamento de sinais usando sistemas lineares e invariantes no tempo, com enfoque em aplicações de filtragem digital e controlo de sistemas.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
Acquire knowledge on signal analysis and processing techniques using linear time-invariant systems, with emphasis in applications in digital filtering and control

4.4.5. Conteúdos programáticos:
*1. Introdução aos sinais e sistemas.
2. Análise de Fourier de sinais e sistemas lineares e invariantes no tempo.
3. Transformada de Laplace.
4. Transforma de Z.
5. Introdução a filtragem digital e controlo de sistemas*

4.4.5. Syllabus:
*1. Introduction to signals and systems.
2. Fourier representation of signals and linear time-invariant systems.
3. The Laplace transform.
4. The Z transform.*

5. Introduction to digital filtering and control theory

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
No capítulo 1 é realizada uma introdução aos sinais e sistemas continuos e discretos no tempo, sistemas lineares e invariantes no tempo (LTI), integral e soma de convolução e resposta a impulso.
No capítulo 2 é desenvolvida a aplicação da teoria de Fourier à análise e síntese de sinais periódicos (séries de Fourier) e de sinais aperiódicos (transformada de Fourier) em tempo contínuo e discreto. A resposta de sistemas LTI a exponenciais complexas periódicas é estudada o que permite introduzir os conceitos de resposta em frequência e filtragem.
A representação de sinais usando exponenciais complexas em tempo contínuo e em tempo discreto é explorada nos capítulos 3 e 4 através da utilização da transformada de Laplace e da transformada de Z.
No capítulo 5 é realizada uma breve introdução ao projeto de filtros digitais e a teoria de controlo como forma de consolidar conhecimentos e motivar disciplinas mais avançadas que têm esta UC como base.
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**
In Chapter 1 the concepts of signals and systems are developed, namely, continuous and discrete-time signals and systems, linear and time invariant systems (LTI), integral and sum of convolution and impulse response.
In chapter 2 the Fourier theory is applied to analysis and synthesis of both periodic and aperiodic continuous time signals (Fourier series and transform). The response of LTI systems to periodic complex exponentials is studied which allows introducing the important concepts of frequency response and filtering.
The signal representation based on continuous time and discrete time complex exponentials is developed in chapters 3 and 4 by using, respectively, Laplace transform and the Z transform.
Finally, the chapter 5 deals with a brief introduction to the topics of digital filter design and control theory as a way to consolidated knowledge and motivate for more advanced studies that build in the fundamentals herein taught
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**
Aulas teóricas com exposição detalhada dos conceitos, princípios e teorias fundamentais, recorrendo a meios audiovisuais. Aulas teóricas-práticas com a resolução de problemas de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico face a problemas mais complexos. Aulas práticas laboratoriais onde se realiza a resolução de exercícios laboratoriais e de pequenos projetos em Matlab com o objetivo de demonstrar a utilidade prática dos conhecimentos lecionados.
Métodos de avaliação: Exame 35%; Frequência 35%; Resolução de problemas: 30%
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
The course includes theoretical-practical and laboratory sessions. In expository classes audiovisual equipment will be used. The practical classes are expository and are accompanied by suggested exercises that will require the application of the acquired knowledge. Student should participate in the solution of these exercises. In laboratory sessions students carry out the analysis of biosignals and small projects with the help of analysis and signal processing software, Matlab. The laboratory classes allow the analysis of signals in the context of applications for biosignals analysis and biomed.
Assessment method: Exam 35%; Midterm exam: 35%; Problem resolving report 30%.
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
A estratégia e o método de ensino adoptado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.
Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas e nas aulas laboratoriais estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**
The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.
With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in both theoretical-practical and laboratory classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**
Simon Haykin and Barry Van Veen, Signals and Systems, 2nd Edition, 2003 John Wiley & Sons. Inc, ISBN 0-471-16474-7

Alex Palamides and Anastasia Veloni, Signals and Systems Laboratory with Matlab, 2011 CRC Press, ISBN 978-1-4398-3055-0

LEITURA COMPLEMENTAR

A. Oppenheim, A. Willsky and S. Hamid, Signals and Systems, 2nd Edition, 1996 Pearson Publisher, ISBN-13: 978-0138147570

Rangaraj M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis, 2nd Edition, 2015 IEEE Press, ISBN-13: 978-0470911396

Abdulhamit Subasi, Practical Guide for Biomedical Signals Analysis Using Machine Learning Techniques: A MATLAB Based Approach, 2019 Academic Press, ISBN-13: 978-0128174449

G. Franklin, J. Powell, A. Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, 8th Edition, 2019 Pearson Publisher, ISBN-13: 978-1292274522

Mapa IV - Análise Matemática I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Análise Matemática I

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Mathematical Analysis I

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

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):
Adérito Luís Martins Araújo (42:T; 28:TP)

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
Dmitry Vorotnikov 3(28:TP); prevêem-se 4 turmas TP / there will be 4 TP groups*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:
1. Estudar a continuidade e diferenciabilidade de funções reais de variável real;
2. Traçar curvas em coordenadas polares e paramétricas;
3. Calcular derivadas e primitivas de funções elementares;
4. Resolver problemas envolvendo aproximações lineares, diferenciais e derivação implícita;

5. Usar o Teorema Fundamental do Cálculo para calcular áreas de figuras, comprimentos de curvas suaves e volumes de sólidos de revolução;
6. Resolver equações diferenciais de variáveis separáveis e lineares de primeira ordem;
7. Resolver problemas envolvendo aplicações das equações diferenciais em contextos de modelação matemática.

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

The student who successfully completes this course will be able to:

1. Analyse the continuity and differentiability of real functions of real variable;
2. Draw curves in polar and parametric coordinates;
3. Compute derivatives and primitives of elementary functions;
4. Solve problems involving linear approximations, differential and implicit differentiation;
5. Use the Fundamental Theorem of Calculus to compute areas, lengths and volumes of solids of revolution;
6. Solve first order differential equations by separable of variables and solve linear differential equations of first order;
7. Solve problems involving applications of differential equations in mathematical modelling.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I. Funções e curvas reais de variável real

- I.1 Funções trigonométricas, funções hiperbólicas e suas inversas
- I.2 Limites, continuidade e diferenciabilidade de funções reais de variável real
- I.3 Curvas parametrizadas e coordenadas polares

II. Integração

- II.1 Primitivas
- II.2 Integral definido e aplicações
- II.3 Integrais impróprios

III. Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem

- III.1 Variáveis separáveis
- III.2 Equações lineares

4.4.5. Syllabus:

I. Functions and curves of a real variable

- I.1 Trigonometric and hyperbolic functions and their inverses
- I.2 Limits, continuity and differentiability of functions of a real variable
- I.3 Parameterized curves and polar coordinates

II. Integration

- II.1 Primitives
- II.2 Riemann integral and applications
- II.3 Improper integrals

III. Ordinary Differential Equations

- III.1 Separable differential equations
- III.2 First order linear differential equations

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

No âmbito do objetivo de aprendizagem que se refere ao cálculo de limites de sucessões e funções, o programa contempla a formalização e consolidação dos conceitos de limite e de derivada de função real. A noção de derivada é também necessária para os conteúdos programáticos e objetivos de aprendizagem subsequentes, nomeadamente os que se referem à integração. A técnica de primitivação é fundamental ao cálculo integral e suas aplicações. Finalmente, para o domínio dos métodos principais de resolução de equações diferenciais ordinárias, é necessário aprender os métodos indicados nas últimas secções do programa.

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

The syllabus contemplates the formalisation and consolidation of the concepts of limit and derivative of real function which is necessary for the learning outcome that refers to the computations of limits of sequence and functions. The notion of derivative is also necessary for the subsequent topics and expected learning outcomes, namely those concerning integration. The integration of functions technique is fundamental to integral calculus and its applications. Finally, to learn the main methods of solving ordinary differential equations, it is necessary to learn the methods indicated in the last sections of the program.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino são predominantemente expositivos nas

componentes teóricas. Nas componentes práticas são resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição prevalece uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre é disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas. Métodos de avaliação: Frequência 100% (2 ou mais frequências)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course will assume two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching is mostly expository. During an example class teaching will consist of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasized. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support will be available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers. Assessment method: 100% (2 or more midterm exams)

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

Na parte teórica das aulas, a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na parte prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

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

During the theoretical part of classes, the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example parts of classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- [1] Adérito Araújo, *Análise Matemática I*, Notas de Curso, Coimbra, 2018. (Disponível online)
- [2] James Stewart, *Cálculo*, volumes I e II, tradução da 8ª edição norte-americana, Cengage Learning, 2017.
- [3] Edwin "Jed" Herman e Gilbert Strang (entre outros), *Calculus*, volumes 1, 2 e 3, OpenStax, 2018. (Disponíveis online em: <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-1>; <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-2>; <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-3>)
- [4] Gilbert Strang, *Calculus*, Wellesley-Cambridge Press, 1991. (Disponível online em: <https://ocw.mit.edu/resources/res-18-001-calculus-online-textbook-spring-2005/textbook/>)
- [5] Elon Lages Lima, *Curso de Análise*, volume 1, 11ª edição, Projecto Euclides, IMPA, 2004.

Mapa IV - Análise Matemática II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise Matemática II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Analysis II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):***Joana Nunes da Costa (42:T; 28:TP)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Ana Paula Escada 2*(28:TP); prevêem-se 3 turmas TP / there will be 3 TP groups***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:*

- 1. Reconhecer funções de duas variáveis que não são contínuas num ponto;*
- 2. Calcular as direções de maior crescimento de uma função real de duas variáveis;*
- 3. Resolver um problema de extremos condicionados;*
- 4. Calcular áreas e volumes usando integrais duplos e triplos, bem como o centro de massa de um sólido (com densidade homogénea ou não);*
- 5. Calcular áreas e comprimentos de curvas no espaço usando integrais curvilíneas e integrais de superfície;*
- 6. Resolver problemas envolvendo as ligações entre os diversos integrais estudados (integrais duplos, triplos, curvilíneas e de superfície);*
- 7. Resolver problemas envolvendo aplicações dos integrais estudados em contextos de modelação matemática.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The student who successfully completes this course will be able to:*

- 1. Detect non-continuous real functions of two variables at a given point;*
- 2. Compute the directions of greatest growth of a real function of two variables;*
- 3. Solve a constrained extrema problem;*
- 4. Compute areas and volumes, as well as the center of mass of a solid (with arbitrary density function), using double and triple integrals;*
- 5. Compute areas and lengths of curves in space using line and surface integrals;*
- 6. Solve problems involving the connections between the types of integrals studied (double, triple, line and surface integrals);*
- 7. Solve problems involving applications of integration to mathematical modelling.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*I. Funções reais de várias variáveis reais**I.1 Limite e continuidade**I.2 Derivação parcial**I.3 Diferenciabilidade**I.4 Regra da Cadeia**I.5 Derivadas Direcionais e vetor gradiente**I.6 Funções vetoriais e matriz jacobiana**I.7 Extremos de funções. Multiplicadores de Lagrange**II. Cálculo integral em R^2 e R^3* *II.1 Integral duplo e aplicações**II.2 Integral triplo e aplicações**II.3 Mudanças de variáveis**II.4 Integral curvilíneo. Teorema de Green**II.5 Integral de superfície. Teoremas de Stokes e da divergência***4.4.5. Syllabus:***I. Real functions of several variables**I.1 Limits and continuity**I.2 Partial derivatives**I.3 Differentiability**I.4 Chain rule**I.5 Directional derivatives and gradient vector**I.6 Vector valued functions and Jacobian matrix**I.7 Extrema of functions. Lagrange multipliers*

II Integral calculus in R^2 and R^3

II.1 Double integrals and applications

II.2 Triple integrals and applications

II.3 Change of variables

II.4 Line integrals. Green's Theorem

II.5 Surface integrals. Stoke's and divergence theorems

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

Os objetivos de aprendizagem que se referem às propriedades elementares das funções reais de duas variáveis (continuidade e direções de maior crescimento) estão apoiados no estudo da extensão da noção de limite ao contexto de funções com mais do que uma variável e no estudo da noção de derivação parcial. A derivação parcial tem também um papel fundamental na resolução de problemas de extremos condicionados. Os objetivos subsequentes, ainda que diretamente relacionados com o cálculo de integrais apoiam-se no estudo das funções vetoriais. O conhecimento da integração dupla, tripla, curvilínea e de superfície e suas aplicações é também fundamental.

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

The learning outcomes that refer to the elementary properties of real functions of two variables (continuity and directions of greatest growth) are supported by the study of the extension of the notion of limit to the context of functions with multiple variables and also by the study of the notion of partial derivatives. Partial derivatives also play a key part in solving constrained extrema problems. The subsequent learning outcomes, despite referring directly to integration, support themselves in the study of vector valued functions and in the knowledge of double, triple, line and surface integration, as well as their applications.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino são predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas são resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição prevalece uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre é disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas.

Método de avaliação: 100% (2 ou mais frequências)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course assumes two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching is mostly expository. During an example class teaching consists of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasized. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support is available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers.

Assessment method: Midterm exam: 100% (2 or more midterm exams)

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

Na parte teórica das aulas, a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na parte prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

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

During the theoretical part of classes the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example parts of classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- [1] James Stewart, *Cálculo, volume II, tradução da 8ª edição norte-americana*, Cengage Learning, 2017.
- [2] Ana d'Azevedo Breda e Joana Nunes da Costa, *Cálculo com Funções de Várias Variáveis*, McGraw-Hill, Lisboa, 1996.
- [3] Edwin "Jed" Herman e Gilbert Strang (entre outros), *Calculus, volume 3*, OpenStax, 2018. (Disponível online em: <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-3>)
- [4] Gilbert Strang, *Calculus*, Wellesley-Cambridge Press, 1991. (Disponível online em: <https://ocw.mit.edu/resources/res-18-001-calculus-online-textbook-spring-2005/textbook/>)
- [5] Jerrold E. Marsden e Anthony Tromba, *Vector Calculus*, 5ª edição, W.H. Freeman, 2003.
- [6] Elon Lages Lima, *Curso de Análise, volume 2*, 11ª edição, Projecto Euclides, IMPA, 2004.

Mapa IV - Análise Matemática III

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise Matemática III

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Mathematical Analysis III

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

42:T; 28:TP

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):

Joana Nunes da Costa 42:T

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

João Gouveia 28:TP, João Nogueira 3(28:TP); prevêem-se 4 turmas TP / there will be 4 TP groups*

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

O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:

- 1. Determinar a natureza de séries numéricas e calcular a soma de séries geométricas e telescópicas convergentes;*
- 2. Determinar o desenvolvimento em série de Taylor de uma função;*
- 3. Calcular a série de Fourier de uma função periódica;*
- 4. Resolver equações diferenciais lineares de ordem superior à primeira;*
- 5. Resolver um sistema de equações diferenciais lineares com coeficientes constantes;*
- 6. Calcular a transformada de Laplace e a sua inversa;*
- 7. Resolver uma equação diferencial usando a transformada de Laplace ou de Fourier;*
- 8. Resolver problemas envolvendo aplicações das equações diferenciais em contextos de modelação matemática.*

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

The student who successfully completes this course will be able to:

- 1. Determine the nature of convergence of a series and compute the sum of convergent geometric and telescoping series;*
- 2. Compute the Taylor series expansion of a function;*
- 3. Compute the Fourier series of a periodic function;*
- 4. Solve higher order linear differential equations;*
- 5. Solve a system of linear differential equations with constant coefficients;*
- 6. Compute the Laplace transform and its inverse;*
- 7. Solve a differential equation using the Laplace or Fourier transforms;*
- 8. Solve problems involving applications of differential equations in mathematical modelling;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I. Séries

- I.1 Sucessões e séries numéricas**
- I.2 Critérios de convergência**
- I.3 Séries de funções**
- I.4 Convergência de séries de funções**
- I.5 Séries de potências. Série de Taylor**
- I.6 Série de Fourier**

II. Equações Diferenciais Lineares

- II.1 Métodos do polinómio anulador, de abaixamento de ordem e da variação das constantes**
- II.2 Sistemas de equações lineares com coeficientes constantes**
- II.3 Transformadas de Laplace e de Fourier e aplicações**

4.4.5. Syllabus:**I. Series**

- I.1 Sequences and number series**
- I.2 Convergence criteria**
- I.3 Series of functions**
- I.4 Convergence of series of functions**
- I.5 Power series (Taylor polynomial and Taylor series)**
- I.6 Fourier Series**

II. Linear Differential Equations

- II.1 Annihilator, reduction of order and variation of parameters methods**
- II.2 Systems of linear differential equations with constant parameters**
- II.3 Laplace and Fourier transforms and applications**

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

A capacidade de calcular a soma de uma série geométrica ou de uma série telescópica é o ponto de partida para a teoria geral das séries de números reais. Tal leva ao estudo dos critérios de convergência que, por sua vez, permitem o estudo da natureza da série. O estudo das séries de funções surge naturalmente após o das séries numéricas e será dado ênfase especial aos casos das séries de Taylor e de Fourier. A segunda parte da unidade curricular foca no importante capítulo das equações diferenciais lineares de ordem superior e a sua resolução por várias técnicas, das quais se destacam as recorrentes às transformadas de Laplace e Fourier.

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

The ability to compute the sum of a geometric or telescoping series is a starting point of the general theory of series of real numbers. This leads to the general criteria of convergence of series which, in turn, enables the study of the nature of the series. The study of the series of functions arises naturally after the numerical series and special emphasis will be given to the cases of the Taylor and Fourier series. The second part of the curricular unit focuses on the important chapter of higher order linear differential equations and their resolution by various techniques, such using the Laplace and Fourier transforms.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino são predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas são resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição prevalece uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre é disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas. Método de avaliação: Frequência 100% (2 ou mais frequências)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course assumes two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching is mostly expository. During an example class teaching consists of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasized. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support will be available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers. Assessment method: Midterm exam 100% (2 or more midterm exams).

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

Na parte teórica das aulas, a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na parte prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos

conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

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

During the theoretical part of classes the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example parts of classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] James Stewart, *Cálculo, volume II, tradução da 8ª edição norte-americana, Cengage Learning, 2017.*

[2] Dennis G. Zill, *Equações Diferenciais com Aplicações em Modelagem, tradução da 10ª edição norte-americana, Cengage Learning, 2016.*

[3] Edwin "Jed" Herman e Gilbert Strang (entre outros), *Calculus, volumes 2 e 3, OpenStax, 2018. (Disponíveis online em: <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-2>; <https://openstax.org/details/books/calculus-volume-3>)*

[4] Gilbert Strang, *Calculus, Wellesley-Cambridge Press, 1991. (Disponível online em: <https://ocw.mit.edu/resources/res-18-001-calculus-online-textbook-spring-2005/textbook/>)*

[5] Elon Lages Lima, *Curso de Análise, volume 2, 11ª edição, Projecto Euclides, IMPA, 2004.*

Mapa IV - Álgebra Linear e Geometria Analítica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra 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:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

42:T; 28:TP

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 Lopes da Silva Camarinha (42:T; 2(28:TP))*

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

Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha (42:T; 2(28:TP)) ; prevêem-se 1 turma T e 2 turmas TP / there will be 1 T group and 2 TP groups.*

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

O estudante aprovado nesta unidade curricular deverá ser capaz de:

1. Classificar e resolver sistemas usando o método de eliminação de Gauss e operações com matrizes;
2. Calcular determinantes de ordem 2 e 3 e desenvolver determinantes de qualquer ordem usando a fórmula de Laplace;
3. Analisar a invertibilidade de uma matriz através da característica ou do determinante;
4. Calcular inversas de matrizes de ordem 2 e 3 usando o algoritmo de Gauss-Jordan;
5. Determinar uma base e a dimensão de um subespaço de R^n e aplicar o processo de ortogonalização de Gram-Schmidt;
6. Aplicar o método dos mínimos quadrados para determinar soluções aproximadas de sistemas;
7. Calcular valores e vetores próprios e averiguar se uma matriz é diagonalizável;
8. Aplicar os conhecimentos adquiridos à resolução de problemas nas diversas áreas da ciência e da engenharia.

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

The student who successfully completes this course will be able to:

1. Solve and classify linear systems using Gauss elimination and matrix operations;
2. Compute 2 by 2 and 3 by 3 determinants and expand any determinant using the Laplace expansion;
3. Study the invertibility of a matrix using the rank or the determinant;
4. Compute the inverse of a matrix of order 2 or 3 using the Gauss-Jordan method;
5. Compute a basis and the dimension of a subspace in R^n and apply the Gram-Schmidt orthonormalisation process;
6. Use the method of least squares to determine approximate solutions of linear systems;
7. Compute eigenvalues and eigenvectors and determine whether a given matrix is diagonalisable;
8. Apply the acquired knowledge to solving problems in science and engineering.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Matrizes e Sistemas de Equações Lineares
2. Determinantes
3. Espaços Vetoriais e Transformações Lineares
4. Espaços Vetoriais com Produto Interno
5. Valores Próprios e Vetores Próprios. Diagonalização de Matrizes
6. Aplicações

4.4.5. Syllabus:

1. Matrices and Linear Systems
2. Determinants
3. Vector Spaces and Linear Transformations
4. Vector Spaces with an Inner Product
5. Eigenvalues and Eigenvectors. Matrix Diagonalisation
6. Applications

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

A disciplina inicia-se com uma introdução à teoria das matrizes e sistemas de equações lineares. O método de eliminação de Gauss, que reduz a matriz do sistema à forma em escada usando operações com matrizes, permite a classificação do sistema e a determinação do conjunto solução. A teoria elementar dos determinantes é relacionada com as noções de característica de uma matriz, sua invertibilidade e com a resolução de sistemas. Estes conteúdos são fundamentais para se atingirem os primeiros quatro objetivos, bem como o sétimo. Segue-se o estudo dos subespaços de R^n , das transformações lineares e do produto interno. Estes tópicos estão envolvidos no processo de ortogonalização de Gram-Schmidt e no método dos mínimos quadrados, que figuram nos objetivos quinto e sexto. Termina-se com a teoria da diagonalização de matrizes dando-se especial ênfase às aplicações que se enquadram no âmbito do ciclo de estudo a que a disciplina está associada.

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

The course starts with the introduction of matrices and linear systems. The Gaussian Elimination reduces the matrix of a linear system to row echelon form, using matrix operations, and enables the classification of the system and the computation of its solution set. The elementary theory of determinants is related to the notion of rank, invertibility of a matrix and to linear system solving. This part of the syllabus is essential to the achievement of the first four learning outcomes, as well as the seventh. The study of subspaces of R^n , linear transformations and inner products follows. These topics are involved in the Gram-Schmidt and least squares processes, of fifth and sixth learning outcomes. The course ends with the theory of diagonalisation of matrices. Special emphasis is given to applications related to the scientific area of the degree to which the course is associated.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de tipo teórico e teórico-prático. Os métodos de ensino são predominantemente expositivos nas componentes teóricas. Nas componentes práticas são resolvidos problemas sob a orientação do professor. Na exposição prevalece uma forte interação entre os conceitos e a sua aplicação concreta dando um papel central à

visualização e à análise de situações particulares antes de proceder a uma abstração progressiva das noções a introduzir. Ao longo do semestre é disponibilizado apoio tutorial à resolução das tarefas propostas.
Método de avaliação: Frequência 100% (2 ou mais frequências)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching in this course assumes two formats: theoretical and example classes. During a theoretical class teaching is mostly expository. During an example class teaching consists of problem solving by the students under the guidance of the lecturer. A strong interaction between notions and their practical application is emphasised. In this task, the visualization and the analysis of concrete examples takes on a central role and prepares the way for the abstract definitions. Tutorial support is available to students to help them on the tasks assigned by the lecturers.
Assessment method: Midterm exam 100% (2 or more midterm exams)

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

Na parte teórica das aulas, a teoria que alicerça as aplicações é explicada, são descritas as técnicas necessárias e são feitos exemplos concretos. Na parte prática o estudante é incentivado a desenvolver as suas próprias competências no domínio da teoria e das suas aplicações. É a ligação entre estes dois tipos de ensino que promove a aprendizagem dos conteúdos da unidade curricular e leva ao alcance dos seus objetivos.

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

During the theoretical part of classes the lecturer describes the theory underlying the applications, the required problem solving techniques and many concrete examples. During example parts of classes the student is encouraged to develop his/hers own skills in the fields of the theory and applications. It is this interplay between these two types of teaching that can promote acquisition of the syllabus and the attainment of the course objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- [1] Ana Paula SANTANA, João QUEIRO (2018). *Introdução à Álgebra Linear. Trajectos Ciência*, 10. Gradiva.
- [2] Chris RORRES, Howard ANTON (2019). *Elementary Linear Algebra: Applications Version*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 12ª ed.
- [3] Gilbert STRANG (2016). *Linear Algebra and its Applications*, San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, 5ª ed.
- [4] David R. HILL e Bernard KOLMAN (2013). *Álgebra Linear com Aplicações, Livros Téc. e Cient. Editora*, 9ª ed.
- [5] Luís T. MAGALHÃES (1989). *Álgebra Linear como Introdução a Matemática Aplicada. Texto Editora*.

Mapa IV - Computadores e Programação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Computadores e Programação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computers and Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

COMP

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL: 56

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:*<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares (PL: 56)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***António Adriano Castanhola Batista (PL:56). Prevêem-se duas turmas PL/There will be 2 PL groups.***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Objetivos de importância central:*

- *Conhecimento genérico do funcionamento de um computador e da representação de dados em formato digital.*
- *Capacidade de equacionar a resolução de um problema sobre a forma de um algoritmo.*
- *Conhecimento dos paradigmas da programação imperativa, funcional e por objetos.*
- *Capacidade operacional de programação numa linguagem de programação de muito alto nível (Python).*

Objetivos de importância secundária:

- *Capacidade para procurar e utilizar bibliografia e ferramentas de software adequadas usando a internet.*
- *Conhecimento operacional de algoritmos básicos de análise numérica aplicados a situações simples da física e da engenharia.*
- *Capacidade para realizar, em grupo, e de forma modular, pequenos projetos de software.*

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

- *Acquire a general knowledge about the operation of a digital computer and about data representation.*
- *Learn to develop simple algorithms to solve given problems.*
- *Acquire a generic knowledge about the imperative, functional and object-oriented programming paradigms.*
- *Learn to use a very high level programming language (Python).*

Objectives of secondary importance:

- *Learn to search the internet for required bibliography and appropriate software tools.*
- *Acquire an operational knowledge about basic numerical analysis algorithms applied to typical physical systems and engineer problems.*
- *Learn to develop, with a team, small modular software projects.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Arquitetura (modelo de von Neumann) de um computador digital. Sistemas operativos.**Representação binária de números inteiros e reais, texto, imagens e som.**Introdução à linguagem Python.**A instrução de atribuição. Noção de ponteiro e “aliasing”.**Tipos numéricos: inteiros, inteiros longos, vírgula flutuante e complexos.**Booleanos.**Sequências (listas, tuplas e strings) e conjuntos. Iteração e fatiagem. Abstracções.**Dicionários.**Instruções de controlo de fluxo.**Funções. Espaço dos nomes e regras de alcance. Mecanismo de passagem e devolução de argumentos.**Programação imperativa e funcional.**Módulos. Ficheiros. Formatação. Redirecção dos canais de entrada/saída.**Exceções e estruturas de gestão.**Programação orientada por objetos. Classe e instanciação. Atributos e métodos. Herança, encapsulamento e polimorfismo. Sobrecarga de operadores. Introspeção e metaprogramação.**Recursão. Iteradores e geradores.**Métodos Numéricos básicos aplicados a problemas de Engenharia.***4.4.5. Syllabus:***The architecture (von Neumann model) of a digital computer. Operating systems.**Binary representation of integer and real numbers, text, images and sound.**Introduction to Python programming language.**The attribution instruction. The concept of pointer and aliasing.**Numeric types: integers, long integers, floating point, and complex.**Booleans.**Sequences (lists, tuples and strings) and sets. Iteration and slicing. List comprehension.**Dictionaries.*

Flow control instructions.

Functions. Namespaces and scope. Argument passing and return values mechanism.

Imperative and functional programming.

Modules. Files. Formatting. Input and output redirection.

Exceptions and handling instructions.

Object-oriented programming. Class and instantiation. Attributes and methods. Inheritance, encapsulation, and polymorphism. Operator overload. Introspection and metaprogramming.

Recursion. Iterators and generators.

Basic numerical methods applied to engineer problems.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os objetivos relativos à aquisição de conhecimento (arquitetura do computador, representação de dados, paradigmas de programação) são diretamente alcançáveis através da exposição dos conteúdos programáticos definidos dada a sua equivalência quase literal.

Os objetivos relativos ao desenvolvimento de algoritmos simples e à aquisição de conhecimento sobre algoritmos básicos de análise numérica são alcançáveis através da seleção dos exercícios de programação propostos ao longo do curso.

A utilização da linguagem de programação de distribuição livre Python como ferramenta de exposição dos conceitos fundamentais permite alcançar os restantes objetivos na medida em que permite estimular a utilização da internet como fonte de informação e o trabalho em grupo formal ou informal.

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

The knowledge acquisition objectives (computer architecture, data representation, programming paradigms) are directly met through the exposition of the defined syllabus since they are almost literally equivalent.

The objectives related with the development of simple algorithms and the knowledge acquisition about basic numerical analysis algorithms are met through the selection of programming exercises to be solved during the course.

The use of a freely distributed programming language like Python as the tool to present the fundamental concepts offers the possibility to meet the other objectives since the use of the internet as a source of information is easily stimulated and the formal or informal collaborative work is also easily developed.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino desta disciplina é prático, com grande ênfase na compreensão e desenvolvimento de algoritmos para problemas concretos, incluindo uma primeira abordagem a algumas ferramentas de análise numérica aplicada a problemas simples de física e de lógica.

As aulas comportam uma pequena exposição introdutória sobre aspetos formais da linguagem e no restante os alunos são desafiados a resolver interativamente um conjunto de problemas utilizando a linguagem Python.

Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course is taught in a practical approach with a great emphasis on the understanding and development of algorithms for real problems, including a first approach to some numerical analysis methods applied to simple physical and engineering problems.

Each class may start with a short presentation of some formal aspects of the language after which the students are asked to solve a set of problems using Python interactively.

Assessment method: Exam 100%

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

As aulas têm um carácter marcadamente prático e interativo e estão, por isso, perfeitamente alinhadas com os objetivos de aprendizagem. De facto, as aulas permitem a cada aluno aprender ao seu ritmo e a utilizar os recursos disponíveis na medida do desenvolvimento.

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

The classes are taught with a special focus in the programming practice, being very interactive and are, for that reason, perfectly aligned with the learning outcomes. In fact, the nature of the classes lets each student to set his learning pace and to use the available resources in accordance with his development stage.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Documentação online do Python:

- Homepage: <http://www.python.org>

- Tutorial: <http://docs.python.org/tutorial/introduction.html>

- Tutorial em português: <http://turing.com.br/pydoc/2.7/tutorial/introduction.html>

2. Learning Python, 5th Edition, M. Lutz, D. Ascher, Ed. O'Reilly Media Inc, CA, 2013

3. *How to think like a computer scientist*, A. Downey, J. Elkner & C. Mayers, Green Tee Press, 2018
4. *Numerical methods in engineering with Python*, J Kiusalaas, Cambridge University Press, 2014
5. *Learning to Program with Python*, Richard L. Halterman,, Southern Adventist University, 2011

Mapa IV - Física Geral I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Geral I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FB

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):

Fernando Manuel Silva Nogueira (T: 42; TP: 28)

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

<sem resposta>

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

- *Compreensão das leis e princípios básicos da Mecânica Clássica e das suas aplicações.*
- *Capacidade de utilizar conceitos de Mecânica para resolver problemas.*
- *Capacidade para aprender Física.*
- *Cultura geral aprofundada em Física.*
- *Comunicação oral e escrita.*

- . *Competência em análise e síntese*
- . *Competência em organização e planificação*
- . *Competência em comunicação oral e escrita*
- . *Competência para resolver problemas*
- . *Competência em raciocínio crítico*
- . *Competência em aprendizagem autónoma*
- . *Adaptabilidade a novas situações*
- . *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos*
- . *Competência em autocrítica e auto-avaliação*

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

- *Understanding of the laws and basic principles of Classical Mechanics and corresponding applications.*

- *Ability of applying concepts of Mechanics to solve problems.*
- *Ability to learn Physics.*
- *Deep insight in the general formation in Physics.*
- *Improvement on oral and written communication.*

- . *Competence in analysis and synthesis*
- . *Competence in organizing and planning*
- . *Competence in oral and written communication*
- . *Competence to solve problems*
- . *Competence in critical thinking*
- . *Competence in autonomous learning*
- . *Adaptability to new situations*
- . *Competence in applying theoretical knowledge in practice*
- . *Competence in information management*
- . *Competence in self-criticism and self-avaliation*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. MECÂNICA DA PARTÍCULA E DE SISTEMAS

- 1.1 Leis de Newton
- 1.2 Força gravitacional e peso, força elástica e de atrito
- 1.3 Trabalho e energia cinética
- 1.4 Forças conservativas e energia potencial
- 1.5 Conservação da energia mecânica
- 1.6 Sistemas de partículas
- 1.7 Variação de energia cinética na presença de forças de atrito: equação do centro de massa
- 1.8 1ª lei da Termodinâmica e lei de conservação da energia em geral
- 1.9 Lei de conservação do momento linear e colisões
- 1.10 Rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo
- 1.11 Rolamento com e sem deslizamento e momento angular
- 1.12 Estática do corpo rígido
- 2. MECÂNICA DOS FLUIDOS
- 2.1 Noções e princípios da hidrostática
- 2.2 Dinâmica de fluidos não viscosos. Equação de Bernoulli
- 2.3 Fluidos viscosos e lei de Stokes
- 3. OSCILAÇÕES
- 3.1 Movimento harmónico simples (MHS)
- 3.2 Energia no MHS
- 3.3 Movimento pendular
- 3.4 Oscilações amortecidas
- 3.5 Oscilações forçadas

4.4.5. Syllabus:

1 MECHANICS OF PARTICLES AND SYSTEMS

- 1.1 Newton's Laws
- 1.2 Gravitational force and weight , spring force and friction
- 1.3 Work and kinetic energy
- 1.4 Conservative forces and potential energy
- 1.5 Conservation of mechanical enetgy
- 1.6 Systems of particles
- 1.7 Variation of the kinetic energy in the presence of friction forces: center of mass equation
- 1.8 First law of Thermodynamics and law of conservation of energy in general
- 1.9 Conservation of linear momentum and collisions
- 1.10 Rotation of a rigid object about a fixed axis
- 1.11 Rolling motion and angular momentum
- 1.12 Statics of rigid bodies

2. FLUID MECHANICS

- 2.1 Notions and fundamental principles of fluid statics
- 2.2 Ideal fluid dynamics. Bernoulli's equation and applications
- 2.3 Stokes's law and applications

3. OSCILLATIONS

- 3.1 Simple harmonic motion
- 3.2 Energy of the simple harmonic oscillation

3.3 The pendulum
3.4 Damped oscillations
3.5 Forced oscillations

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A sequência e profundidade dos temas abordados segue de perto o plano proposto para o curso, ensinando as bases de Física que serão necessárias para as disciplinas subsequentes desta área.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The sequence and the depth of the covered topics closely follow the proposed plan for the course, teaching the basis of physics that will be necessary for the following courses on this area.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição mais possa interessar aos alunos. Será enfatizada a referência a situações do dia a dia que podem ser explicadas recorrendo aos conceitos da física que se aprendem na disciplina. Procurar-se-á desta forma ilustrar a utilidade e a importância da introdução à física como disciplina estruturante nos cursos de Física e Engenharia Física.
Método de avaliação: Exame 100%; ou 2 Frequências (50% + 50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Expository teaching with constant reference to physical systems whose description can interest to students. The reference to situations of everyday life, that can be explained using the concepts of physics that are learned in the course, will be emphasized. The usefulness and importance of physics introduction, as a structuring discipline in courses of Physics and Physics Engineering, will be illustrated.
Assessment method: Exam 100%; or 2 Midterm exams (50% + 50%)

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
As metodologias implementadas combinam os conceitos fundamentais da mecânica com as leis de conservação da energia, momento linear e momento angular.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The implemented methodologies combine the fundamental concepts of mechanics with the conservation laws of energy, linear and angular momentum.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics
 Raymond A. Serway, John Jewett
 Brooks/Cole (9th edition, 2013); ISBN: 978-1133953999

Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics
 Douglas C. Giancoli
 Pearson (4th edition, 2008); ISBN: 978-0136074809

Fundamentos de Física
 Maria José B. Marques de Almeida, Maria Margarida Ramalho R. Costa
 Almedina (3ª edição, 2012); ISBN: 978-9724048413

Mapa IV - Física Geral II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Física Geral II

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Physics II

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

4.4.1.3. Duração:

Semestral**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****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):****Manuel Joaquim Baptista Fiolhais T:42****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Pedro Fernando Simões Costa (TP:56)****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Objetivos:**

- *Compreensão de leis (teóricas e empíricas) de Física Clássica e das suas aplicações.*
- *Capacidade de utilizar conceitos de Física Clássica para resolver problemas.*
- *Capacidade para aprender Física.*
- *Cultura geral aprofundada em Física.*
- *Capacidade para comunicar Física Clássica por escrito e oralmente.*

Competências:

- *Competência em análise e síntese.*
- *Competência em organização e planificação.*
- *Competência em comunicação oral e escrita.*
- *Competência para resolver problemas.*
- *Competência em raciocínio crítico.*
- *Competência em aprendizagem autónoma.*
- *Adaptabilidade a novas situações.*
- *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos.*
- *Competência em autocritica e auto-avaliação.*

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

- *Understanding of (theoretical and empirical) laws of Classical Physics and their applications.*
- *Ability to use Classical Physics concepts in problem solving.*
- *Ability to learn Physics.*
- *Deep general knowledge in Physics.*
- *Ability to communicate scientific findings in Physics both orally and in written form.*

Competences:

- *Analysis and synthesis.*
- *Organisation and planning.*
- *Oral and written communications.*
- *Problem solving.*
- *Critical thinking.*
- *Self-study.*
- *Adaptability to new situations.*
- *Practical use of theoretical knowledge.*
- *Self-evaluation and self-criticism.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**- Fenómenos ondulatórios**

-Lei de Coulomb. Campo, energia potencial e potencial elétricos. Lei de Gauss. Condutores. Condensadores. Meios dielétricos.

-Corrente elétrica. Lei de Ohm. Força eletromotriz. Leis de Kirchhoff. Associação de resistências. Galvanômetros, voltímetros e amperímetros. Carga e descarga de condensadores.

-Experiências de Oersted. Lei de Laplace. Efeito de Hall. Lei de Biot-Savart. Campos magnéticos criados por correntes elétricas. Interação entre correntes elétricas. Lei de Ampère. Indução magnética. Leis de Faraday e de Lenz. Auto-indução e indução mútua. Corrente alterna. Circuitos LC e RLC. Transformadores.

-Ondas eletromagnéticas. Polarização. Espectro. Luz visível.

-Leis da ótica geométrica. Reflexão. Refração. Dispersão. Espelhos planos e esféricos. Lentes delgadas. Máquina fotográfica reflex. Olho humano. Lupa. Microscópio. Telescópios.

-Experiência de Young. Interferência. Difração. Filmes finos.

4.4.5. Syllabus:

Wave phenomena Coulomb's law. Electric field, potential and potential energy. Gauss's law. Conductors. Capacitors. Dielectric media.

Electric current. Ohm's law. Electromotive force. Kirchhoff's laws. Associations of resistors. Galvanometers, voltmeters and ammeters. Charge and discharge of capacitors.

Oersted's experiments. Laplace's law. Hall effect. Biot-Savart's law. Magnetic fields due to electric currents. Interaction between electric currents. Ampère's law. Magnetic induction. Faraday and Lenz laws. Self and mutual inductance. Alternating current. LC and RLC circuits. Transformers.

Electromagnetic waves. Polarisation. Spectrum and behaviour of visible light.

Principles and laws of geometrical optics. Reflection. Refraction. Dispersion. Plane and spherical mirrors. Thin lenses. The reflex photographic machine. The human eye. The magnifier. The microscope. Telescopes.

Young's experiment. Interference and diffraction. Thin films.

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

O estudo dos fenómenos ondulatórios, a introdução às leis básicas do eletromagnetismo e da ótica são tópicos comuns numa segunda disciplina de Física Geral em todo o mundo e visam dotar o alunos não só das ferramentas necessárias para abordar mais tarde os mesmos tópicos, ou tópicos relacionados, com maior profundidade em disciplinas futuras como também dar uma visão robusta do desenvolvimento da física ao longo dos tempos e também da sua importância na criação de tecnologias de tecnologias que moldaram o desenvolvimento das sociedades sobretudo desde o séc. XIX.

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

The study of wave phenomena, the introduction to the basic laws of electromagnetism and optics are common topics in a second curricular unit of General Physics worldwide and aim to provide students not only with the necessary tools to address later on the same topics or related topics, with greater depth in future curricular units as well as giving a robust view of the development of physics over time and also of its importance in the creation of technologies that have shaped the development of societies especially since the 19th century..

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino direto com participação ativa dos alunos. Desafios colocados nas aulas teóricas.

Aulas teórico-práticas de aplicação de conceitos e leis Físicas à resolução de problemas.

Método de avaliação: exame 100%; ou 2 Frequências (50% + 50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Direct teaching with active participation of the students. Challenges are posed in the theoretical classes.

The practical classes are focused on the application of the laws of Physics to the solution of several problems and exercises.

Assessment method: exam 100%; or 2 midterm exams (50% + 50%)

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

Nas aulas faz-se a apresentação e desenvolvimento dos tópicos que constituem os conteúdos programáticos da unidade curricular e das técnicas a adquirir pelos estudantes, de uma forma expositiva, recorrendo, sempre que

possível a demonstrações experimentais e a simulações computacionais. Os alunos devem ser incentivados a adotar uma atitude participativa nas aulas e a levar a cabo as tarefas propostas, pondo em prática os conhecimentos adquiridos.

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

Classes allow the presentation and development of the topics that form the syllabus of the course and the techniques to be acquired by the students, using, whenever possible, to experimental demonstrations and computational simulations. The students should be encouraged to participate in the classroom work and to take the tasks proposed, using the results presented in class.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Apontamento de Física Geral II Manuel Fiolhais 2018

Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics

Raymond A. Serway, John Jewett

Brooks/Cole (9th edition, 2013); ISBN: 978-1133953999

Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics

Douglas C. Giancoli

Pearson (4th edition, 2008); ISBN: 978-0136074809

Fundamentos de Física

Maria José B. Marques de Almeida, Maria Margarida Ramalho R. Costa

Almedina (3ª edição, 2012); ISBN: 978-9724048413

Mapa IV - Fundamentos de Física Moderna

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos de Física Moderna

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Foundations of Modern Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FB

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 28; TP: 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Maria Helena Almeida Vieira Alberto (28T+28TP)

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

<sem resposta>

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

- Conhecer as bases conceptuais gerais da Relatividade Restrita e da Teoria Quântica.
- Ter uma perspetiva histórica de como surgiu a Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica e as ruturas conceptuais em relação à Mecânica Newtoniana.
- Conhecer as experiências que estiveram na base da “Física Moderna” e compreender como os resultados que nelas se obtiveram eram impossíveis de explicar utilizando a Física Clássica.
- Resolver problemas de aplicação dos conceitos e teorias que fazem parte do programa da unidade curricular.
- Adquirir espírito crítico em relação à ordem de grandeza dos resultados obtidos nos problemas.
- Preparar, processar, interpretar e comunicar informação física, utilizando fontes bibliográficas pertinentes, discurso adequado e as ferramentas apropriadas.

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

- Recognize the basic concepts and principles of Special Relativity and Quantum Theory.
- Develop an historical perspective of how the Theory of Relativity and Quantum Theory evolved and the conceptual breakthroughs with respect to Newtonian Mechanics.
- Recognize the important experiments on the basis of the formulation of “Modern Physics” and understand how their results cannot be explained in the framework of classical theory.
- Use the concepts, methodologies and techniques appropriate to solve simple problems related to the topics of the syllabus.
- Analyze, synthesize and process information. Develop critical thinking and autonomous learning. Prepare, process, interpret and communicate physics information, using relevant literature sources and appropriate tools.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Teoria da Relatividade

Princípio da Relatividade de Galileu. Experiência de Michelson-Morley. Princípio da Relatividade de Einstein. Transformações de Lorentz. Efeito Doppler relativista. Aberração da luz. Dinâmica relativista. Introdução à Relatividade Geral.

2. Teoria dos quanta

Radiação do corpo negro. Teoria de Planck. Efeito fotoelétrico. Teoria fotónica de Einstein. Efeito Compton. Raios-X e difração de Bragg.

3. Introdução à Mecânica Quântica

Dualidade onda-partícula. Hipótese de de Broglie. Experiência de Davisson-Germer. Princípio da incerteza. Função de onda.

4. Modelos atômicos

Modelo de Thompson. A descoberta do núcleo. Modelo de Bohr. Experiência de Frank-Hertz. Quantização de Bohr-Sommerfeld. Princípio da correspondência. Equação de Schrödinger.

5. Núcleo atômico e partículas elementares

A descoberta da radioatividade. Decaimento radioativo. Características das radiações. Detetores. Lei do decaimento. Reações nucleares. Partículas elementares. Interações fundamentais

4.4.5. Syllabus:

1. Relativity Theory

Galilean Relativity principle. Michelson-Morley experiment. Einstein Relativity principle. Lorentz transformations. Relativistic Doppler effect. Aberration of light. Relativistic Dynamics. Introduction to General Relativity.

2. Theory of Quanta

Black body radiation. Planck theory. Photoelectric effect. Einstein photon theory. Compton effect. X-rays and Bragg diffraction.

3. Introduction to Quantum Mechanics

Wave-particle duality. De Broglie hypothesis. Davisson-Germer experiment. Uncertainty principle. Wave function.

4. Atomic models

Thompson model. Discovery of the nucleus. Bohr model. Frank-Hertz experiment. Bohr-Sommerfeld quantization. Correspondence principle. Schrödinger equation.

5. Atomic nucleus and elementary particles

The discovery of radioactivity. Radioactive decay. Radiation characteristics. Detectors. Decay law. Nuclear reactions. Elementary particles. Fundamental interactions.

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

O programa pretende satisfazer o objetivo de fornecer aos estudantes uma sólida formação de nível introdutório em “Física Moderna”, nomeadamente em Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica (incluindo alguns tópicos de Física Nuclear e de Partículas). A ênfase metodológica é colocada em: i) discussão dos conceitos básicos destas teorias e das novas ideias introduzidas na Física no início do séc. XX; ii) mostrar o desenvolvimento destas novas ideias a partir dos resultados experimentais que não tinham explicação na Física Clássica, no seu contexto histórico.

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

The syllabus aims at providing the students a solid introduction to three core topics of the "Modern Physics", namely Relativity Theory, Quantum Mechanics (including a few topics of Nuclear and Particle Physics). There is a methodological emphasis on i) discussion of the basic new concepts and ideas that form the core of these subjects ii) showing the development of these new ideas in physics introduced at the beginning of the XXth century, rooted in the experimental evidence and presented in its historical context.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais e utilizando o quadro, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos exemplifiquem os conceitos introduzidos.

Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico. Serão ainda apresentadas, na forma de demonstração, algumas experiências fundamentais que estiveram na origem da "Física Moderna".

Método de avaliação: Exame 50%; Frequência 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical lectures, using audiovisual media and using the framework, concepts, principles and fundamental theories and with the resolution of practical exercises exemplify the concepts introduced.

Theoretical-practical classes in which it is intended that students, with the guidance of the teacher, solve exercises of practical application, which require the combination of different theoretical concepts and promote critical thinking. In addition, some fundamental experiences that originated "Modern Physics" will also be presented as a demonstration.

Assessment method: exam 50%; Midterm exam 50%

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.

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

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the problem classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

K. S. Krane, Modern Physics, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2020

Randy Harris, Modern Physics, 2nd edition, Pearson Education Limited, 2014

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

Eletromagnetismo I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electromagnetism I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

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):****José Lopes Pinto da Cunha (T: 42; TP: 28)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Desenvolver o conhecimento de eletromagnetismo enquanto teoria fundamental da física.******Desenvolver capacidades:***

- matemáticas, nomeadamente de cálculo infinitesimal;***
- no uso de bibliografia e de estudar autonomamente;***
- para resolver problemas novos;***
- para compreender e realizar experiências simples de eletromagnetismo;***
- para cultivar e desenvolver o gosto pela física e o conhecimento das aplicações do electromagnetismo nas sociedades modernas.***

Competências genéricas:

- análise e síntese;***
- organização e planificação;***
- comunicação oral e escrita;***
- trabalho em grupo;***
- raciocínio crítico;***
- comunicar com pessoas que não são especialistas na área;***

Adaptabilidade a novas situações;***Preocupação com a qualidade;******Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Develop the knowledge of electromagnetism as a fundamental theory of physics.******Develop skills in:***

- mathematics, namely infinitesimal calculus;***
- the use of bibliography and autonomous study;***
- to solve new problems;***
- to understand and perform simple experiments of electromagnetism;***
- to develop the interest and fondness for physics and the knowledge of the applications of electromagnetism in modern societies.***

Generic Skills:

- analysis and synthesis;***
- organization and planning;***
- oral and written communication;***
- working in group and team work;***
- critical thinking;***
- communicate with people who are not experts in the field;***

Adaptability to new situations;***Concern with quality;***

Competence to apply theoretical knowledge in practice.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1- Campo electrostático: eq. de Coulomb; o conceito de campo; lei de Gauss; equações locais e integrais do campo electrostático; condições de fronteira de E. potencial electrostático; equações de Poisson e de Laplace; energia do campo eléctrico; dipolo eléctrico e energia dipolar eléctrica; electrostática em meios dieléctricos.

2 - Campo magnetostático: lei de Biot-Savart; força de Lorentz e Laplace; equações locais e integrais do campo magnetostático; condições fronteira do campo B; potencial vector; eq. de Poisson do potencial vector; energia do campo B; dipolo magnético e energia dipolar magnética; magnetostática em meios materiais.

3 - Campo eletromagnético: lei de Faraday-Lenz; eqs. de Maxwell no regime variável; ondas eletromagnéticas; a experiência de Hertz; Teorema de Poynting e energia e momento de uma onda eletromagnética; eqs. de Lorenz dos potenciais.

4 - Análise de circuitos RLC com corrente variável: em regime transiente e em regime estacionário com corrente alternada.

4.4.5. Syllabus:

1- Electrostatic field: Coulomb's eq.; the concept of field; Gauss's law; local and integral equations of the electrostatic field; boundary conditions of E; electrostatic potential; Poisson and Laplace equations; electric field energy; electric dipole and electric dipole energy; electrostatics in dielectric media.

2 - Magnetostatic field: Biot-Savart law; Lorentz and Laplace force; local and integral equations of the magnetostatic field; boundary conditions of field B; potential vector; eq. Poisson's of the potential vector; energy of field B; magnetic dipole and magnetic dipolar energy; magnetostatics in material media.

3 - Electromagnetic field: Faraday-Lenz law; Maxwell's eqs. in the variable regime; electromagnetic waves; Hertz's experience; Poynting theorem and energy and momentum of an electromagnetic wave; eqs. of Lorenz for the potentials.

4 - Analysis of RLC circuits with variable current: i) transient regime and ii) steady regime with alternating current.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos foram definidos em função dos objectivos propostos. Isto evidencia a coerência entre ambos.

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

The syllabus was established in terms of the proposed objectives. This highlights the coherence between both aspects.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de apresentação dos conceitos fundamentais. Reflexão sobre como esses conceitos foram estabelecidos. Aulas de discussão/resolução de problemas, com ênfase em aplicações, ordens de grandeza, estimativas sobre grandezas físicas do âmbito do electromagnetismo. Aulas com a realização de demonstrações experimentais que ilustrem conceitos fundamentais do electromagnetismo. Aulas de discussão de temas complementares sobre aplicações da teoria eletromagnética.

Método de avaliação: Exame 100%; Frequência 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes for presentation of the essential concepts with the reflection on the way these concepts were established. Classes for discussion/resolution of problems related to practical situations, orders of magnitude, estimates on the physical quantities concerning the electromagnetism. Classes with experimental demonstrations that illustrate fundamental concepts of electromagnetism. Lectures on complementary topics on applications of electromagnetic theory.

Assessment method: Exam 100%; Midterm exam 100%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: As metodologias de ensino foram definidas em função dos objectivos de aprendizagem propostos para a unidade curricular. Isto evidencia a coerência entre ambos.

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

The teaching methodologies were established in terms of the learning outcomes proposed for the curricular unit. This

highlights the coherence between both aspects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Griffiths, D. J., Introduction to Electrodynamics. 3rd ed. Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1999.

Edward M. Purcell and David J. Morin, Electricity and Magnetism, 3rd edition, Cambridge University Press, 2013.

Jackson J. D., Classical Electrodynamics, 3rd Edition, Wiley, 1998.

Henriques, A. B. e Romão, J. C., Electromagnetismo, IST Press, Lisboa, 2006.

Brito, L., Fiolhais, M. e Providência, C., Campo Electromagnético, Ed. McGraw-Hill de Portugal, 1999.

Feynman, R. P., Leighton, R. B. e Sands, M., The Feynman Lectures on Physics, Vol. 2, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1977.

Lorain, P., Corson, D. e Lorain, F., Campos e Ondas Electromagnéticas, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000.

Wangsness, R. K., Electromagnetic Fields. 2nd ed., John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1979.

Mapa IV - Termodinâmica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Termodinâmica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Thermodynamics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 42; TP: 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 Manuel Baptista Fiolhais (T: 42; TP: 14)

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):

Aprofundamento dos conhecimentos numa área fundamental da ciência e da engenharia que é a Termodinâmica.

Capacidade para procurar e utilizar bibliografia, organizando um conjunto consistente de informações relativas a esta área do conhecimento.

Capacidade para resolver problemas, incluindo o desenvolvimento de competências matemáticas adequadas para esse fim.

Capacidade para montar, realizar e analisar os resultados de experiências simples relacionadas com o conteúdo da disciplina.

Contribuição para o aumento da cultura geral científica, motivador para o estudo de outras áreas em que a Termodinâmica tem importantes aplicações.

Competência em gestão da informação

Competência em raciocínio crítico

Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos

Competência em análise e síntese

Preocupação com a qualidade

Competência em comunicação oral e escrita

Conhecimento de uma língua estrangeira

Competência para resolver problemas

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

Expand the knowledge in a fundamental area of science and engineering which is Thermodynamics.

Capacity of search and use of bibliography, to organize a coherent body of information on this area of knowledge.

Capacity of problem solving, including the development of the required mathematical competences.

Capacity to implement, perform and analyze the results of simple experiments related with the unit contents.

Contribution to the increase of general scientific culture, motivating to study other areas where Thermodynamics has important applications.

Competence in information management

Competence in critical reasoning

Competence in practical application of theoretical knowledge

Competence in analysis and synthesis

Attention to quality

Competence in oral and written communication

Knowledge of a foreign language

Competence on problem solving

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1 - Conceitos fundamentais

Sistemas e variáveis termodinâmicas. Equilíbrio e processos termodinâmicos. Equação de estado e equação de energia interna.

2 - Lei Zero

Temperatura. Equilíbrio térmico. Termómetros e escalas de temperatura. Pontos fixos. Escala Kelvin. Ponto triplo da água. Conceito microscópico de temperatura. Coeficientes de expansividade volumétrica e compressibilidade isotérmica.

3 - Primeira Lei

Trabalho e calor. Capacidades térmicas a pressão e a volume constante. Entalpia. Energia interna dos gases perfeitos. Equipartição da energia. Processos de transferência de calor. Transições de fase.

4 - Segunda Lei

Máquinas térmicas cíclicas. Ciclo de Carnot. Entropia. Teorema de Clausius. Ciclos reversíveis e irreversíveis. Relação fundamental da termodinâmica. Funções de Helmholtz e de Gibbs. Potenciais termodinâmicos. Relações de Maxwell. Princípios da entropia máxima e da energia interna mínima.

5 - Terceira lei

Enunciados de Nernst e de Planck.

4.4.5. Syllabus:

1 - Fundamental concepts

Thermodynamic systems and variables. Thermodynamic processes and equilibrium. State equation and internal energy equation.

2 - Law zero

Temperature. Thermal equilibrium. Thermometers and temperature scales. Fixed points. Kelvin scale. Water triple point. Microscopic concept of temperature. Volume expansion and isothermal compressibility coefficients.

3 - First law

Work and heat. Thermal capacities at constant pressure and volume. Enthalpy. Internal energy of perfect gases. Energy equipartition. Heat transfer processes. Phase transitions.

4 - Second law

Cyclic heat machines. Carnot cycle. Entropy. Clausius theorem. Reversible and irreversible cycles. Thermodynamic's

fundamental relation. Helmholtz and Gibbs functions. Thermodynamic potentials. Maxwell relations. Principles of maximal entropy and minimal internal energy.

5 - Third law

Formulations of Nernst and Planck.

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
O conteúdo programático da unidade curricular cobre integralmente os objetivos definidos, nomeadamente ao abordar todos os assuntos relevantes da Termodinâmica, e da sua aplicação a máquinas, engenharia e reações químicas.

Estimula ainda os alunos a aprofundar os conteúdos apresentados, a partir da consulta da bibliografia recomendada e da pesquisa na internet.

Na resolução dos problemas apresentados o aluno aplica os conhecimentos e ferramentas aprendidos, sejam os conceitos físicos sejam as técnicas matemáticas necessárias. Ao realizar trabalhos laboratoriais simples o estudante aplica os conhecimentos teóricos dados para explicar os fenómenos físicos estudados e para desenvolver técnicas experimentais e de análise de dados.

Finalmente o aluno tem acesso a um conjunto de conhecimentos básicos na área da Termodinâmica que serão importantes para as unidades curriculares especializadas.

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

The curricular unit's syllabus fully covers the objectives defined, as it includes all the relevant materials in Thermodynamics, and the application of Thermodynamics to thermal machines, engineering and chemical reactions. It also stimulates the students to expand the presented contents, profiting from the recommended bibliography and internet search.

When solving the given problems, the student applies the learned knowledge and tools, being it physics concepts or the necessary mathematical techniques. When performing the simple laboratory experiments, the student applies the theoretical teaching to explain the physical phenomena and to acquire experimental know-how and data analysis skills. Finally the student is introduced to a body of basic knowledge in the area of Thermodynamics that is important to specialized curricular units.

- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de apresentação dos conceitos fundamentais, com o enquadramento adequado a esta disciplina.

Aulas de discussão /resolução de problemas onde se procura ligar os conceitos abordados a situações práticas, como as máquinas térmicas e estimativas acerca das grandezas físicas específicas do âmbito da Termodinâmica.

Apoio ao trabalho individual dos estudantes no sentido de estes desenvolverem trabalho de recolha de informação teórica e experimental, e de análise e sistematização dessa informação.

Método de avaliação: exame 100%.

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

Lectures presenting the main concepts, with the right approach to this unit.

Lectures to discuss and solve problems aiming to connect the studied concepts with practical examples, as thermal machines and estimations of physics quantities specific to the area of Thermodynamics.

Support of the students individual effort in the search of theoretical and experimental information, and in its systematic analysis.

Assessment method: exam 100%

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

As aulas teóricas permitem a introdução e a explicação dos conceitos fundamentais de Termodinâmica, em que a exposição é feita com recurso a slides e ao quadro, e é acompanhada pelo esclarecimento das dúvidas que surjam por parte dos alunos. É ainda estimulada a pesquisa e o aprofundamento dos assuntos abordados, com recurso à bibliografia recomendada e à internet.

As aulas teórico-práticas são dedicadas à resolução de problemas por parte dos alunos, com o apoio do docente, e permitem assim aplicar os conhecimentos ministrados, seja no âmbito dos conceitos fundamentais da Termodinâmica seja nas ferramentas matemáticas necessárias para a sua resolução.

É feita uma abordagem abrangente da Termodinâmica que é importante para disciplinas mais avançadas mas também fundamentais só por si.

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

The theoretical lectures allow to introduce and explain the main concepts of Thermodynamics, where the presentations are done with computer slides and on the board, simultaneously with the explanation of the questions put by the students. It is stimulated the search and the expansion of knowledge of the given subjects, by the use of the recommended bibliography and the internet.

The problem classes are dedicated to problem solving by the students, with support from the professor, and allow to apply the attained knowledge, being it the Thermodynamics fundamental concepts or the mathematical tools required to their solution.

It is done a through covering of Thermodynamics that is important for more advanced subjects but also important by itself.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. *M.W. Zemansky e R.H. Dittman, "Calor e Termodinâmica" Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro (1978).*
2. *F.W. Sears e G. L. Salinger, "Termodinâmica, Teoria cinética e Termodinâmica Estatística" Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro (1978).*
3. *J. Guémez, C. Fiolhais e M. Fiolhais, "Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio", Serviço de Educação da Fundação Calouste Gulbenkian (1998), Lisboa.*

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:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):

Liliana Maria Pires Ferreira (T: 42; TP: 28)

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

<sem resposta>

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

*Reconhecer e usar os princípios e conceitos básicos da Mecânica Quântica, e aplicá-los em exemplos simples.
Conhecer e usar técnicas e metodologias apropriadas em Mecânica Quântica.
Desenvolver as competências de análise e síntese, o raciocínio crítico e aprendizagem autónoma;
Preparar, processar, interpretar e comunicar informação física, utilizando fontes bibliográficas pertinentes, discurso adequado e as ferramentas apropriadas.*

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

*- Recognize and use basic concepts and principles of Quantum Mechanics, and apply them to simple examples.
- Know how to use the methodologies and techniques appropriate to quantum mechanics.
- Analyze, synthesize and process information. Develop critical thinking and autonomous learning. Prepare, process,*

interpret and communicate physics information, using relevant literature sources and appropriate tools.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução: limitações da Física Clássica e as origens da Mecânica Quântica.*
2. *A função de onda: equação de Schrödinger, a função de onda e sua interpretação, valor expectável de um observável, princípio de incerteza.*
3. *A equação de Schrödinger independente do tempo em 1D: estados estacionários e não estacionários, o princípio de sobreposição de estados, o poço de potencial quadrado, problemas de tunelamento, partícula livre, o oscilador harmónico.*
4. *O formalismo matemático da Mecânica Quântica: operadores em Mecânica Quântica, generalização do princípio de incerteza, notação de Dirac.*
5. *Momento angular: momento angular orbital e sua quantificação, spin, adição do momento angular.*
6. *Partículas em potenciais 3D: gás de partículas livres, equação de Schrödinger em coordenadas esféricas, o átomo de hidrogénio.*
7. *Teoria de perturbações independente e dependente do tempo, regra de Ouro de Fermi.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction: limitations of Classical Mechanics and the origin of Quantum Mechanics.*
2. *Wave function: the Schrödinger equation, statistical interpretation of the wave function, expectation value of a physical quantity, momentum, the uncertainty principle.*
3. *Time independent Schrödinger equation and one-dimensional problems: infinite well, harmonic oscillator, free particle, finite square well, tunneling problems.*
4. *Mathematical formalism of Quantum Mechanics: Hilbert space, observables, Dirac notation, generalized statistical interpretation, generalization of the uncertainty principle.*
5. *Angular momentum: orbital angular momentum, angular momentum quantization, spin, angular momentum addition.*
6. *3D potentials: free gas, Schrödinger equation in spherical coordinates, the hydrogen atom.*
7. *Perturbation theory: time independent perturbation theory for non-degenerate states and degenerate states. Time dependent perturbation theory, Fermi Golden rule.*

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

Os conceitos básicos da Mecânica Quântica são apresentados com problemas simples unidimensionais, de modo a ser compreendido o significado de função de onda, medição de um observável, relações de incerteza, quantização da energia. Numa segunda fase utilizam-se os exemplos unidimensionais estudados para apresentar o formalismo matemático da Mecânica Quântica. Com as ferramentas matemáticas apresentadas estudam-se problemas mais complexos tridimensionais. Métodos aproximados de resolução da equação de Schroedinger são apresentados numa última parte.

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

Simple one dimensional problems are used to introduce the basic concepts of Quantum Mechanics. These 1D examples will be used to present the mathematical formalism of quantum mechanics. Once the mathematical tools are well know three dimensional problems are discussed. Approximate methods used to solve the Schroedinger equation are finally introduced.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais e utilizando o quadro, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos exemplifiquem os conceitos introduzidos.
Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam alguns exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico face .
A avaliação: exame final ou a realização regular de problemas que serão avaliados e uma frequência com possibilidade de dispensa de exame
Método de avaliação: exame 100%; ou frequência 80% + Resolução de problemas 20%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual media and balckboard, during which the main concepts, principles and fundamental theories of Quantum Mechanics are presented and discussed. Application to simple exemples.
Problem classes during which the student is supposed to solve by him/herself , with help whenever necessary, problems that apply the main concepts of quantum mechanics. Evaluation consists of a final examination, or a collection of several problem along the semester, which will be corrected, and a final test.
Assessment method: Exam 100%; or Midterm exam 80% + Problem resolving report 20%

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua

valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.

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

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the problem classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Griffiths, D., Introduction to Quantum Mechanics, Prentice Hall Inc., London, 1994.

Marco Cardoso et al, Mecânica Quântica, vol 1, ISTPress, 2013

Cohen-Tannoudgi, C., Diu, B. e Laloë, F., Mécanique Quantique, Herman, Paris, 1973.

Mapa IV - Ondas e Ótica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ondas e Ótica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Waves and Optics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 42; PL: 28 (funcionam 6 turmas PL/there are 6 PL groups)

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):

Francisco Paulo de Sá Campos Gil (T: 42; PL: 84)

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

Vitali Iourievitch Tchepel (PL: 84)

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

Objectivos formativos:

- A- Estabelecer a teoria matricial para a análise de sistemas ópticos reais e compreender as limitações desses sistemas.**
- B- Estudar a propagação e interferência de ondas electromagnéticas em vários meios e analisar a polarização, a refração e a reflexão de ondas entre dois meios distintos.**
- C- Compreender as técnicas interferométricas e suas aplicações.**
- D- Saber como funcionam e para que servem as fibras ópticas, os lasers e os hologramas.**

Competências genéricas: *Competência em análise e síntese; Competência em comunicação oral e escrita; Conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo; Competência para resolver problemas; Competência em raciocínio crítico; Compromisso éticos; Adaptabilidade a novas situações; Criatividade; Preocupação com a qualidade; Competência em autocritica e auto-avaliação.*

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

Training objectives:

- A- Establish matrix theory to analyze actual optical systems and understand the limitations of these systems.**
- B- Understand the propagation and interference of electromagnetic waves in various media and learn to analyze the polarization, the refraction and reflection of waves between two distinct media;**
- C- Understand the interferometric techniques and their applications.**
- D- Learn the basics of fiber optics, lasers and holograms.**

Generic skills: *Competence in analysis and synthesis; Competence in oral and written communication; Computer skills related to the scope of the study; Competence to solve problems; Competence in critical reasoning; Ethical commitment; Adaptability to new situations; Creativity; Concern with quality; Competency in self-criticism and self-evaluation.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Óptica geométrica : lentes espessas; análise matricial de sistemas ópticos; teoria das aberrações de Seidel; análise computacional de sistemas ópticos.**
- 2. Ondas: ondas progressivas a 1, 2 e 3 dimensões; sobreposição de ondas; ondas estacionárias 2D e 3D; pacotes de ondas; velocidade de grupo.**
- 3. Ondas electromagnéticas: meios óticos dispersivos; polarização da luz; birrefringência; equações de Fresnel.**
- 4. Interferência e interferometria: filmes dieléctricos; interferência por reflexão múltipla; interferómetro de Michelson; Óptica de Fourier.**
- 5. Fibras ópticas, lasers e holografia : Análise do princípio físico e aplicações.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Geometrical Optics: thick lenses; matrix analysis of optical systems; the theory of Seidel aberrations ; computational analysis of optical systems.**
- 2. Waves: 1, 2 and 3D progressive waves ; superposition of waves; 2D and 3D standing waves; wave packets; group velocity.**
- 3. Electromagnetic waves: dispersive optical media; polarization of light; birefringence; Fresnel equations.**
- 4. Interference and Interferometry: dielectric films; interference by multiple reflection; Michelson interferometer; Fourier optics.**
- 5. Fiber optics, lasers and holography: analysis of the physical concept and applications.**

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

Os conteúdos estão em linha com a generalidade das disciplinas de Ondas e Ótica de cursos de ciências e tecnologias das universidades nacionais e estrangeiras de referência.

O ponto A dos objectivos é servido pelos pontos 1 e 3 dos conteúdos; o ponto B dos objectivos é servido pelos pontos 1, 2 e 3 dos conteúdos; o ponto C dos objectivos é servido pelos pontos 4 e 5 dos conteúdos; o ponto D dos objectivos é servido pelo ponto 5 dos conteúdos.

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

The contents are in line with most of the disciplines of Waves and Optics of scientific and technological courses in other Portuguese universities as well as in reputable foreign universities.

Point A of the objectives is served by points 1 and 3 of the syllabus; point B of the objectives is served by points 1, 2 and 3 of the syllabus; point C of the objectives is served by points 4 and 5 of the syllabus; point D of the objectives is served by point 5 of the syllabus.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1- Aulas teóricas com exposição dos conceitos e teorias fundamentais e discussão de aplicações práticas desses conceitos, incluindo a resolução de problemas exemplificativos da matéria leccionada;

2- Aulas laboratoriais.

Método de avaliação: Frequência 80%; Trabalho laboratorial ou de campo: 20%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1- Lectures with exposure of concepts and fundamental theories, and discussion of practical applications of these concepts, including problem solving with typical examples of the subjects under study;

2- Laboratory classes.

Assessment method: Mindterm exam 80%; Fieldwork or laboratory work 20%

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

Os métodos são os habituais numa disciplina com os objetivos indicados.

Os pontos 1 e 2 dos métodos de ensino servem os pontos A, B, C e D dos objectivos; o ponto 2 dos métodos de ensino servem também todas as competências genéricas propostas (não numeradas).

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

The methodologies are the usual ones in a course unit with the indicated objectives.

Point 1 and 2 of the teaching methodologies serves points A, B, C and D of the objectives; point 2 of the teaching methodologies also serves all points of general skills (not numbered).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. E. Hecht, "Óptica", Ed. C. Gulbenkian, 2002

2. F. L. Pedrotti, L. S. Pedrotti, "Introduction to Optics", Cambridge University Press 2018;

3. M. Ferreira, "Óptica e Fotónica", Lidel, 2003;

4. A. P. French, "Vibrations and Waves", C.R.C. Press, 1971

5. "Física Experimental: uma introdução", C. Abreu et al., Ed. Presença, 1994

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

Eletrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ENG

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 28; PL: 42(x4 turmas)

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 Paulo Pires Domingues(T:28, PL:42)

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

João Manuel Rendeiro Cardoso (PL:42), Jorge Afonso Cardoso Landeck (PL: 84)

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

- *Perceber o funcionamento dos dispositivos eletrónicos fundamentais (amplificadores operacionais, díodos, transístores bipolares e transístores MOS)*
- *Desenvolver a capacidade para analisar e projectar circuitos eletrónicos básicos*
- *Aplicar os teoremas dos circuitos lineares na compreensão e simplificação de circuitos eletrónicos*
- *Compreender e utilizar os modelos básicos dos dispositivos semicondutores*
- *Utilização de ferramentas de modelação e simulação de circuitos*

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

- *Understand the operation of the fundamental electronic devices (operational amplifiers, diodes, bipolar transistors and MOS transistors)*
- *Develop the skill for analyzing and designing basic electronic circuits*
- *Applying the theorems of linear circuits to understand and simplify electronic circuits*
- *To understand and use the basic models of semiconductor devices*
- *To use circuits models and simulation tools*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Grandezas elétricas e sinais elétricos analógicos/digitais; espectro de frequência; modelos de amplificadores. Circuitos eletrónicos lineares em regime dc e ac. Teoremas dos circuitos lineares.*
2. *Amplificadores operacionais: modelo ideal; montagem inversora e não inversora; amplificador diferencial; amplificador de instrumentação; integrador e diferenciador; amplificador não ideal.*
3. *Díodos: Semicondutores e junção pn; díodo ideal; modelos e curvas características; Díodos zener. Circuitos rectificadores. Limitadores e restauração dc.*
4. *Transístores bipolares de junção (BJT): estrutura e funcionamento; curvas características; funcionamento como amplificador e como interruptor. Circuitos em dc.*
5. *Transístores MOSFET: estrutura e funcionamento; curvas características; funcionamento como amplificador e como interruptor. Polarização. Circuitos em dc.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Electrical quantities and analog/digital signals; frequency spectrum; amplifier models. dc and ac linear electronic circuits. Linear circuits theorems.*
2. *Operational amplifiers: ideal model; inverter and non-inverter assembly; differential amplifier; instrumentation amplifier; integrator and differentiator; non-ideal amplifier.*
3. *Diodes: Semiconductors and pn junctions; ideal diode; models and characteristic curves; junction pn. Zener diodes. Rectifying circuits. Limiters and dc restoration.*
4. *Bipolar junction transistors (BJT): structure and operation; characteristic curves; operation as an amplifier and as a switch. dc circuits.*
5. *MOSFET transistors: structure and operation; characteristic curves; operation as an amplifier and as a switch. Polarization. dc circuits.*

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

A compreensão de circuitos eletrónicos, principalmente os que incorporam amplificadores operacionais, é um objetivo maior da unidade curricular. Imediatamente a seguir vem o entendimento dos conversores analógico-digitais e digital-analógicos.

Estes dois itens são, coerentemente, fundamentais na definição dos conteúdos programáticos.

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

Understanding electronic circuits, namely the ones that incorporate operational amplifiers, is a major objective of the curricular unit, immediately followed by the understanding of converters (analog-to-digital and digital-to-analog). These two items are, coherently, fundamental in defining the syllabus of the curricular unit.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas complementadas com aulas laboratoriais e de simulação.

Método de avaliação: exame 70%; ou Frequência 70% + Trabalho laboratorial ou de campo 30%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Expository theoretical lectures supplemented with laboratory and simulation classes.

Assessment method: exam 70%; or Midterm exam 70% + Fieldwork or laboratory work 30%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
As metodologias de ensino incorporam elementos de ensino teórico e prático-laboratorial coerentes com o enunciado dos objetivos. A componente prática é desenvolvida em simuladores e em laboratório em ambiente experimental

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

The teaching methodologies incorporate elements of theoretical and practical (in the laboratory) classes, that are consistent (or coherent) with the learning outcomes.

The practical component is developed using simulators and at the bench in a real experimental environment.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Microelectronic Circuits, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, Oxford University Press, 7th ed.(2015)

Microeletrônica, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, Pearson, 5th ed.(2004)

Electronic Principles, 8th edition, A.Malvino, D.Bates, McGraw-Hill (2015)

Eletronica vol 1 e vol2 – 8ª ed A.Malvino,D.Bates, McGraw-Hill (2015)

Mapa IV - Projecto e Concepção de Instrumentos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Projecto e Concepção de Instrumentos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Project and Instrumentation Design

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

PROJ

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP: 28; PL: 28

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

Francisco Amaral Fortes de Fraga (TP: 28; PL: 28)

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

<sem resposta>

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

Conhecimento dos princípios de funcionamento de instrumentos controlados por computador.

Capacidade de conceber pequenos instrumentos controlados por computador destinados a instrumentação industrial ou de consumo.

Conhecimentos das regras básicas de desenho de produtos.

Interpretar correctamente as folhas de especificações produzidas pelos fabricantes.

Saber fazer a montagem de um pequeno sistema electrónico com sensores e actuadores.

Saber utilizar o software Labview ou equivalente.

Competência para resolver problemas ;

Competência em raciocínio crítico ;

Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos.

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

Knowledge of the principles of operation of instruments controlled by computer;

Ability to create small tools for computer-controlled industrial instrumentation or consumption.

Knowledge of the basic rules of product design; Interpret correctly specification sheets produced by manufacturers;

Know how to assemble a small system with electronic sensors and actuators.

Know how to use Labview software or equivalent.

Competence to solve problems;

Competence in critical thinking;

Competence in applying theoretical knowledge in practice.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1 – Instrumentação electrónica básica.

2 - Técnicas de design

3 - Instrumentos controlados por computador – hardware e software.

4- Concepção de um instrumento e realização e teste de um protótipo.

4.4.5. Syllabus:

1 – Basic electronic instrumentation

2 - Design Techniques;

3 – Computer controlled instruments – hardware and software.

4 - Design of an instrument and assembly and test of a prototype.

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

Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência acima referidas.

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

The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference school referred above.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Componentes de avaliação com cotação indicativa em percentagem:

Exame 40 , Projecto 60

A cadeira é um projecto integrador de fim de primeiro ciclo com uma forte componente de prática de engenharia e Física Aplicada. O tema é sugerido pelo professor, que orientará e seguirá o desenrolar das diferentes fases do projecto.

Será fortemente encorajada a utilização dos engenhos de pesquisa na internet.

Método de avaliação: Exame 40%; Projeto 60%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Evaluation components and corresponding weights (as percentage) in the final grade:

Exam 40, Project 60.

The course is an integrator project to the first cycle with a strong component of engineering practice and Applied Physics. The theme is suggested by the teacher, who will guide and follow the development of the various phases of

the project.

The use of Internet search engines for the development of the project will be strongly endorsed.

Assessment method: Exam 40%; Project 60%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os alunos dispõem neste ponto do curso de conhecimentos básicos essencialmente teóricos e demonstrativos nas áreas de electrónica, microprocessadores e instrumentação. O contacto com a lado profissional destas áreas, através de folhas de especificação de fabricantes, resolução de problemas reais e análise do modo de funcionamento de aparelhos de uso diário completa a sua formação nestas áreas. As técnicas de projecto e montagem estudadas são aplicadas no desenvolvimento e realização de um pequeno instrumento.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
At this point of their course students have essentially a basic knowledge of theoretical and demonstrative subjects in the areas of electronics, microprocessors and instrumentation. The contact with the professional side of these areas, obtained through manufacturer specification sheets, real problem solving and analysis of the operation of daily use devices, completes the training in these areas. The design and assembly techniques studied in the course are applied to the development and realization of a small instrument.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Engineering Design Methods – Strategies for Product Design, Nigel Cross, John Wiley and Sons, 2000

Electronic Portable Instruments: Design and Applications, Halit Eren, CRC Press, 2004

Art of Electronics, Paul Horowitz and Winfield Hill, 2015

Folhas de especificações (data sheets) de fabricantes tais como a National Instruments, a Texas Instruments ou a Analog Devices.

Mapa IV - Laboratórios I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratórios I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laboratories I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FAT

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

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):

Joaquim Marques Ferreira dos Santos (PL: 42)

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

<sem resposta>

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

- . *Competência em análise e síntese;*
- . *Competência em raciocínio crítico;*
- . *Adaptabilidade a novas situações;*
- . *Preocupação com a qualidade;*
- . *Competência em investigar;*
- . *Competência em organização e planificação;*
- . *Competência em comunicação oral e escrita;*
- . *Competência para resolver problemas;*
- . *Competência em trabalho em grupo;*
- . *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;*

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

- . *Competence in analysis and synthesis;*
- . *Competence in critical reasoning;*
- . *Adaptability to new situations;*
- . *Concern about quality;*
- . *Competence in investigating;*
- . *Competence in organization and planning;*
- . *Competence in oral and written communication;*
- . *Competence to solve problems;*
- . *Competence in group work;*
- . *Competence in applying theoretical knowledge in practice;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Realização de um conjunto de trabalhos experimentais nas áreas da Mecânica, da Eletricidade e da Física Moderna, enquadrados nos conteúdos leccionados nas disciplinas de Física Geral I e II e nos de Fundamentos de Física Moderna.

Nestes trabalhos são abordados experimentalmente as molas elásticas, o movimento de rotação, as leis de Ohm e de Kirchhoff, a difração da luz e de eletrões e o efeito fotoelétrico. Procura-se relacionar e interpretar os resultados obtidos com os conceitos teóricos dados noutras disciplinas, e aplicar e desenvolver a metodologia de análise de dados experimentais.

Em cada área temática, serão realizados 2 ou 3 trabalhos laboratoriais, com uma duração máxima prevista de 3 horas por trabalho.

Os resultados obtidos devem ser anotados e analisados no logbook. Serão também realizados relatórios escritos de alguns dos trabalhos.

4.4.5. Syllabus:

Perform a set of experiments in the areas of Mechanics, Electricity and Modern Physics, in the framework of the contents learned in the courses of General Physics I and II, and in Foundations of Modern Physics.

The experiments are focused on elastic springs, rotational movement, Ohm and Kirchhoff laws, light and electron diffraction and photoelectric effect. The objective is to relate and interpret the obtained results with the theoretical concepts acquired in other courses, and apply and develop the experimental data analysis techniques.

In each area are performed 2 to 3 laboratory experiments, with a maximum duration of 3 hours each.

The results obtained will be written and analyzed in a logbook and for some of them a written report will be asked for and evaluated by the professor.

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

Esta disciplina funciona como prática de laboratório das disciplinas de Física Geral I e II e de Fundamentos de Física Moderna. Assim os temas tratados estão incluídos nestas disciplinas, nomeadamente Mecânica (Física Geral I) Eletricidade (Física Geral II) e Física Moderna (Fundamentos de Física Moderna). São realizadas experiências tipo das matérias versadas que exigam tratamento e análise de dados. Os alunos organizam-se em grupos de dois e, em conjunto ou separadamente, preparam o trabalho que vão realizar na aula seguinte. Na aula são questionados sobre os princípios envolvidos na realização do trabalho e sobre o modo como esses princípios são aplicados nos aparelhos de que dispõem.

O trabalho deverá ser realizado no tempo de que dispõem e a validade e qualidade dos resultados verificada.

Os logbook devem conter toda a informação relevante da experiência realizada e os relatórios deverão conter para além de uma pequena introdução teórica, a análise dos resultados e conclusões.

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

Subjects dealt with in this course are experimental components of General Physics (parts I and II) and Foundations of

Modern Physics, so there are 3 basic themes which are Mechanics, Electricity and Modern Physics. Within these themes there are several experiments which students, organized in groups of 2, will carry out. Students are meant to prepare the experiments beforehand and, once in the Lab, are questioned about the principles involved and how those principles apply in the hardware they will be using. They must perform the experiment in 3 hours (duration of the class) and assess the quality of the data they get. This data should be written in a logbook. In some cases, a report is meant to be submitted. It should have a brief theoretical introduction, summary of the procedure and description and analysis of the results obtained.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

São facultados aos alunos guiões dos trabalhos a realizar bem como bibliografia adequada a cada trabalho. Os alunos são sensibilizados para a necessidade de manter um logbook para as aulas. Nesse logbook deverão ser registadas todas as ocorrências durante a realização do trabalho bem como todas as notas consideradas relevantes para a elaboração do relatório.

É facultada (e encorajada) a possibilidade de visitar os laboratórios durante a preparação dos trabalhos.

Método de avaliação: Trabalho laboratorial ou de campo 70%; Relatório dos trabalhos 30%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Students are given a guide as well as bibliography to study and prepare the experiment and can visit the lab prior to class. They are encouraged to keep a logbook in class, where every occurrence and relevant notes related to the experiment should be reported. This logbook will have an important role in the elaboration of the report.

Assessment method: Fieldwork or laboratory work 70%; Report 30%

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

As competências que se pretendem desenvolver ao longo desta disciplina são estimuladas e postas à prova em cada aula. Assim, ao ser estabelecido um tempo limite para a realização do trabalho esta-se a exigir organização e planificação por parte do aluno. A discussão inicial sobre o trabalho a realizar permite não só avaliar a adaptabilidade a novas situações (a par com o manuseamento dos aparelhos disponíveis) como a competência em comunicação oral. A capacidade de análise e de raciocínio crítico são exercidas na avaliação dos dados obtidos, enquanto a capacidade de resolver problemas é testada ao longo da realização do próprio trabalho. A competência de trabalhar em grupo é exercida na preparação do trabalho, na elaboração do relatório bem como durante a realização do trabalho, durante a aula.

Nalguns trabalhos serão pedidos para realizar relatórios escritos relativos aos mesmos, garantindo assim o exercício das competências de comunicação escrita.

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

Competences to be developed during this course are tested and assessed during each class. When a schedule is established for each experiment, organization and planning are required. The discussion at the beginning of the class allows to assess the understanding of the subject and the adaptability to new concepts and situations, and oral communications skills. The capability of logical reasoning are tested in the assessment of the quality of the data gathered while the problem solving skills are evaluated during the experimental work. Group working skills are developed during the preparation of the experiment, during the preparation of the report and, in class, during the experimental work. For some of the works, a written report will be asked for and so, the written communication skills and summarizing capabilities will be evaluated.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

ABREU, M.C.; MATIAS, L. & PERALTA, L.F. (1994). Física Experimental: Uma introdução. Lisboa: Editorial Presença.

FERREIRA, Liliana. Introdução à análise e tratamento de dados experimentais, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 2012.

ALONSO, M. & FINN, E. (1999). Física. Addison-Wesley Iberoamericana.

TIPLER, Paul (2000). Física. 4ª Ed. Editora Guanabara-Koogan.

COSTA, M.M.R.R. & ALMEIDA, M.J.B.M. de (1993). Fundamentos de Física. Coimbra: Livraria Almedina.

Mapa IV - Laboratórios II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratórios II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laboratories II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FAT

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

4.4.1.5. Horas de contacto:
PL: 56

4.4.1.6. ECTS:
6

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):
Manuela Ramos Marques da Silva (PL: 56)

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

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Pretende-se que o aluno adquira autonomia e capacidade de iniciativa num laboratório de Física, e que seja capaz de desenvolver projetos experimentais simples, desde a sua conceção e execução à análise e discussão dos dados.
Em particular, pretende-se que o aluno:
Seja capaz de dominar diferentes técnicas experimentais;
Aprofunde o método de análise de dados e comparação dos resultados;
Desenvolva o sentido crítico e a lógica experimental;
Manuseie com rigor e segurança vários instrumentos de medida;
Aprenda a manter um "caderno de laboratório" bem estruturado;
Desenvolva as suas capacidades de comunicação oral e escrita;

Adquirir competências genéricas em:

Análise e síntese;
Organização e planificação;
Comunicação Oral e escrita;
Trabalho de grupo;
Raciocínio crítico;
Aprendizagem autónoma;
Aplicar na prática conhecimentos teóricos;
Adaptabilidade a novas situações;
iniciativa e espírito empreendedor.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
The student is expected to acquire autonomy, capability and personal initiative in a physics laboratory, and be able to develop simple experimental projects, from their design to their implementation, analysis and discussion of results.
In particular, the student is expected to:
Master different experimental techniques;
Deepen the data analysis methodology and the comparison of results;
Develop critical thinking and experimental logic;
Handle with rigor and caution the different instruments;
Use the computer for data acquisition, control and analysis of the results;
Learn how to maintain a well-structured logbook;
Develop student's abilities to communicate orally and in writing.

Generic competences in:
Analysis and summary;
Organization and planing;
Oral and written communication;
Group work;
Critical thinking;
Autonomous learning;
Knowledge of informatics applied to field of study;
Adaptability to new situations;
Apply the theoretical knowledge to practice.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O curso consiste na realização de um conjunto de experiências que têm como objetivo a demonstração de leis físicas ou a determinação de constantes físicas fundamentais.

As experiências cobrem essencialmente os temas de Eletromagnetismo e Termodinâmica.

Exemplos de possíveis trabalhos práticos:

- *Balança de Ampère: calibração de uma balança de torsão, estudo da interação entre correntes elétricas;*
- *Relação carga/massa do electrão: garrafa magnética, movimento de electrões num campo magnético;*
- *Determinação do campo magnético terrestre.*
- *Ciclo de histerese num material ferromagnético.*
- *Determinação do zero absoluto.*
- *Funcionamento e eficiência de uma máquina térmica;*
- *Determinação de coeficientes de expansão, calor latente, condutividade térmica de diferentes materiais.*

4.4.5. Syllabus:

The curricular unit consists of a set of experiments whose objective is the demonstration of physical laws or the determination of fundamental physical constants.

The experiments cover the following topics: magnetic fields and forces, electric oscillations and resonance, electromagnetic waves, mechanical systems and modern physics.

Some examples of possible experimental problems:

- *Ampère balance: torsion balance calibration, study of the interactions between electric currents;*
- *Measurement of the charge/mass ratio of the electron: magnetic bottle, electron motion under magnetic fields;*
- *Determination of the earth magnetic field.*
- *Hysteresis cycle in a ferromagnetic material.*
- *Performance and efficiency of a thermal engine.*
- *Determination of the expansion, latent heat and thermal conductivity of different materials.*

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

Os alunos realizarão trabalhos experimentais que necessitarão de preparar, analisando os conceitos físicos desenvolvidos e a teoria associada aos mesmos, bem como às grandezas físicas envolvidas e sua interligação.

Realizarão a montagem experimental para atingir os objetivos pretendidos, implementarão um plano adequado para a medição experimental dos parâmetros em causa, desenvolverão os métodos de análise dos resultados experimentais para a obtenção daqueles parâmetros, das incertezas associadas à execução experimental e apresentarão um relatório escrito sobre o trabalho realizado, os resultados experimentais obtidos e uma análise crítica a estes resultados, comparando-os com os existentes na literatura.

Cada grupo organiza e gere um "caderno de laboratório" (Logbook) onde vai registando os aspetos relevantes da execução experimental, incluindo os resultados experimentais, e onde apresentará um relatório final para cada experiência.

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

Students will perform the experimental assignments that they will need to prepare, analyzing the involved physical concepts and the theory associated with these concepts and with the involved quantities and their interconnection.

They also need to mount the experimental setup to achieve the objectives, implement an adequate plan for the parameter measurement and develop the analysis methods for the experimental results, to obtain those parameters and the associated uncertainties.

Students will present a written report on the accomplished assignments, the obtained experimental results and a critical analysis of these results, comparing them with those in the literature.

Each group of students organizes and manages a logbook, in which they write the relevant aspects of the experimental setup, experimental results and a final report for each experiment.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de discussão e de realização de trabalhos experimentais com acompanhamento individual.

Aulas de discussão e de realização de relatórios escritos para cada experiência.

Os alunos deverão, preferencialmente, trabalhar em grupos de dois, durante a execução dos trabalhos práticos.

Método de avaliação: Apresentação do Caderno de laboratório 60-20%;Relatórios 40-80%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Classes for discussion and execution of experimental assignments, including individual mentoring.

Classes for discussion and elaboration of a written report for each experiment.

Students should work preferably in groups of two during the implementation of practical assignments.

Assessment method: Logbook presentation:60-20%; Written reports 40-80%

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

Sendo esta uma unidade curricular laboratorial, a metodologia é fundamentalmente virada para a experimentação sem, contudo, descuidar os conceitos físicos e a teoria que estão por detrás da realização experimental e dos seus objetivos.

Deste modo, precedendo e/ou acompanhando a realização experimental, a discussão sobre os conceitos em causa e sob a realização experimental será avaliada, podendo ser estendida à realização dos relatórios quando solicitado pelos alunos, como aferição da autonomia e capacidade de iniciativa do aluno.

Esta componente fará, por isso, parte da avaliação individual de cada aluno.

No entanto, a avaliação do relatório final de cada experiência deverá ser a componente com mais peso na avaliação global da unidade curricular.

A apresentação e gestão do caderno de laboratório serão também avaliadas.

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

Given the fact that this is a laboratory curricular unit, the methodology is essentially focused on experimentation, without neglecting the physics concepts and the theory that are behind the experimental setup and its goals. In this way, before and/or during the experiment, discussion on the aforementioned concepts and on the experimental accomplishment will take place. These assessments may be extended to include the elaboration of the reports whenever it is requested by the students to assess student's autonomy and ability of personal initiative. Thus, this component will be part of the individual assessment of each student.

However, the assessment of the final report of each experiment should be the component which weighs more in the global evaluation of the curricular unit.

The presentation and the logbook will be also evaluated.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

MC Abreu, L Matias, LF Peralta, Física Experimental, uma introdução. Presença, 1994.

GL Squires, Practical physics, Cambridge Press, 2001

P Bevington and DK Robinson, Data reduction and error analysis for the physical sciences, McGraw Hill, 2002

Mapa IV - Sistemas Informáticos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Informáticos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Informatics Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ENG

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):

César Alexandre Domingues Teixeira (T: 28; TP: 14; PL: 28)

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

<sem resposta>

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

O objectivo desta disciplina é de transmitir conhecimentos aos alunos sobre o funcionamento dos sistemas informáticos modernos incluindo conceitos sobre fundamentos de computadores, representação de dados, funcionamento interno de sistemas operativos, sistemas de ficheiros e bases de dados, redes de computadores, protocolos de comunicação e Internet e programação de aplicações distribuídas.

No final da disciplina os alunos deverão ser capazes de compreender a estrutura e funcionamento geral de sistemas informáticos e ter capacidades para desenvolver, de forma autónoma, aplicações locais e distribuídas.

É objectivo a aquisição das seguintes 5 competências principais:

- trabalho em grupo, resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e aplicação prática de conhecimentos teóricos;

e das seguintes 5 competências secundárias:

- análise e síntese, criatividade, comunicação oral e escrita, relações interpessoais

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

The goal of this subject is to convey knowledge to students regarding the operation of modern informatics systems, including concepts regarding basic computer principles, data representation, the internals of operating systems, file systems and databases, computer networks, communication protocols and Internet and programming of distributed applications.

By the end of the subject, students should be able to understand the structure and general operational behaviour of informatics systems and have the skills to develop, in an autonomous way, local and distributed applications.

It is also intended that the student acquires/develops the following 5 core competencies:

- Teamwork, problem solving, critical thinking, independent learning and practical application of theoretical knowledge; and the following 5 secondary competencies:

- Analysis and synthesis, creativity, oral and written communication, interpersonal relations

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução aos conceitos gerais sobre sistemas informáticos.

- Sistemas operativos, linguagens, compiladores.

- Conceitos base sobre redes de computadores e Internet.

- Sistemas de Numeração.

- Representação digital de texto, imagens e audio.

- Visão geral sobre algoritmos e programação.

- Introdução aos Sistemas Operativos.

- Conceitos fundamentais de um sistema operativo: gestão de processos, gestão de memória, sistemas de ficheiros e I/O.

- Sistemas de informação e armazenamento de dados.

- Introdução às redes de dados e ao protocolo IP.

- Protocolos TCP e UDP.

- Comunicação distribuída entre processos.

- O modelo Cliente/Servidor.

- Programação em Sockets TCP e UDP.

- Programação com Invocação de Métodos Remotos.

- O protocolo HTTP.

- Aplicações distribuídas para a Internet.

- Conceitos básicos sobre segurança em aplicações distribuídas

4.4.5. Syllabus:

- Introduction to basic concepts regarding Informatics Systems.

- *Operating Systems, languages, compilers.*
- *Basic concepts on networks and Internet.*
- *Numbering Systems.*
- *Digital representation of text, images, and audio.*
- *Overview of algorithms and programming.*
- *Introduction to Operating Systems*
- *Fundamental concepts of an Operating System. Process management, memory management, file system and I/O.*
- *Information systems and data storage.*
- *Introduction to networks and to the IP protocol.*
- *The TCP e UDP protocols.*
- *Distributed communication between processes.*
- *The client/Server model.*
- *Programming with Sockets TCP and UDP.*
- *Programming with Remote Method Invocation.*
- *The HTTP protocol.*
- *Distributed applications for the Internet.*
- *Basic concepts on security of distributed applications.*

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

A unidade curricular começa por fornecer contexto sobre sistemas informáticos em geral, em particular em sistemas locais (i.e., não distribuídos). São abordados os problemas comuns existentes nestes tópicos e como são resolvidos pelos sistemas informáticos atuais. É incluído, neste âmbito, o ponto de vista do programador. De seguida, os conceitos são alargados aos sistemas distribuídos, passando por tópicos fundamentais como o modelo cliente-servidor, protocolos de comunicação e aplicações web. As aplicações distribuídas são mostradas igualmente da perspectiva do programador, sendo demonstrada a forma de criação deste tipo de aplicações, as principais dificuldades envolvidas e formas típicas de as resolver.

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

The curricular unit starts by providing context regarding Informatics Systems in general, in particular in local systems (i.e., non distributed). The typical problems and the ways they are solved by current Informatics Systems are studied. In this context, the developers point of view is also studied. The focus is then moved to distributed systems, including fundamental topics such as the client-server model, communication protocols and web applications. Distributed applications are also shown from the developer's perspective. The way of creating this type of applications is demonstrated, along with the main difficulties involved and also with the typical ways of solving such difficulties.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas, recorrendo a meios audiovisuais, com exposição detalhada dos conceitos e princípios fundamentais e com resolução de exercícios que concretizem o interesse prático da matéria e a sua aplicação real. Aulas teórico-práticas com exposição dos conceitos associados à aplicação prática da teoria. Aulas práticas-laboratoriais, onde o docente apoia os alunos na realização de trabalhos práticos.

Método de avaliação: Exame 100%; ou Frequência 70% + Resolução de problemas 30%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual media, with detailed exposition of the concepts, principles and fundamental theories, including the resolution of relevant exercises that can demonstrate the utility of the subjects covered. Theoretical-Practical classes to expose and demonstrate the concepts associated with the practical application of the theory. Laboratorial practical classes, where the teacher will support students in achieving the practical assignments.

Assessment method: exam 100%; or Midterm exam 70% + Problem resolving report 30%

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

Nesta UC as metodologias de ensino fomentam o envolvimento do aluno desde o início da disciplina, procurando uma aquisição de conhecimentos e competências continua. É com este objectivo que, desde o início, são propostos trabalhos práticos que abordam aspectos centrais dos conceitos leccionados. Com a compreensão das matérias lecionadas, resolução e defesas orais dos problemas propostos e realização do exame estão criadas as condições para a aquisição de competências em resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma, aplicação prática de conhecimentos teóricos e comunicação oral e escrita. O facto de os trabalhos serem realizados em grupo possibilita a aquisição de competências em trabalho em grupo e relações interpessoais. Num nível mais avançado, a resolução de problemas fomenta a aquisição das competências em análise e síntese e criatividade.

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

In this CU the teaching methodologies promote students involvement since the beginning, with the goal of a continuous acquisition of knowledge and competences. It is with this goal that practical assignments that target key aspects of the concepts taught are proposed.

With the comprehension of the concepts, with the resolution and oral defenses of the proposed problems and with the exam the conditions are set for the acquisition of competences in problem solving, critical reasoning, autonomous learning, application of theoretical knowledge in practical activities, and oral and written communication. The fact that the assignments are carried out in group allows the acquisition of competences in team work and interpersonal relationships. At an advanced level, solving problems allows the acquisition of competences in analysis and synthesis and creativity.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Nell Dale and John Lewis, "Computer science illuminated," Jones & Bartlett Pub, ISBN: 0763726265, 2006.
- J. Glenn Brookshear, "Computer science: an overview," Addison-Wesley, ISBN: 0321524039, 2007.
- Bruce Eckel, "Thinking in Java: 3rd Edition", Rev 4.0, 2002.<http://www.mindview.net/Books/TIJ/>
- Kathy Sierra and Bert Bates, "Head first Java, 2nd Edition", O'Reilly, ISBN: 9780596009205 0596009208 9781435291799 1435291794, 2005.
- José Alves Marques, Paulo Ferreira, Carlos Ribeiro, Luís Veiga, Rodrigo Rodrigues, "Sistemas Operativos", 2ª edição, FCA, ISBN: 978-972-722-756-3, 2012
- José Alves Marques, Paulo Guedes, "TECNOLOGIA DE SISTEMAS DISTRIBUÍDOS", FCA, ISBN: 978-972-722-128-8, 2003
- José Delgado, Carlos Ribeiro, "ARQUITETURA DE COMPUTADORES", 5ª Edição, FCA, ISBN: 978-972-722-789-1

Mapa IV - Física Atômica e Nuclear

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Atômica e Nuclear

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Atomic and Nuclear Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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 Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa (T: 42; TP: 28)

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

<sem resposta>

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

A conclusão com sucesso deste curso conduzirá os alunos a:

- *ter um razoável grau de compreensão da estrutura eletrónica e nuclear dos átomos;*
- *possuir os conhecimentos de base necessários para um estudo mais aprofundado de aspetos da Física Teórica, Experimental ou Aplicada na área da Física Atómica e da Física Nuclear;*
- *compreender o impacto e a influência da Física Atómica e Nuclear na ciência moderna;*
- *adquirir as ferramentas para explorar as áreas chave em que a Física Atómica e Nuclear é importante na vida quotidiana.*

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

On successful completion of the course students will have:

- *an understanding of the electronic and nuclear structure of atoms;*
- *the basic knowledge for examining in more detail various aspects of experimental, theoretical and applied physics which relate to both Atomic and Nuclear Physics;*
- *realised the impact and influence of Atomic and Nuclear Physics on modern scientific development;*
- *the tools to explore the key areas in which Atomic and Nuclear Physics is important for everyday living.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Tópicos diversos de Física Atómica e Nuclear, incluindo:

*Conceitos-base na estrutura atómica: o átomo de hidrogénio
 Descrição de átomos poli-eletrónicos: o acoplamento spin-órbita
 Radiação atómica
 Átomos colocados em campos elétricos e magnéticos
 Aplicações da Física Atómica
 Propriedades nucleares
 Instabilidade e reações nucleares
 A força nuclear
 Modelos nucleares
 Aplicações da Física Nuclear*

4.4.5. Syllabus:

Topics in atomic and nuclear physics including:

*Fundamentals of atomic structure: the hydrogen atom
 Describing multi-electron atoms: spin-orbit Coupling
 Atomic radiation
 Atoms in electric and magnetic fields
 Applications of Atomic Physics
 Nuclear properties
 Nuclear instability and nuclear reactions
 The nuclear force
 Nuclear models
 Applications of Nuclear Physics*

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

Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência.

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

The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference schools.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais e utilizando o quadro, dos conceitos, princípios e teorias

fundamentais e com a resolução de exercícios práticos que exemplifiquem os conceitos introduzidos.

Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam alguns exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico.

Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual means and the blackboard, where the concepts, principles and fundamental theories are presented and practical exercises that exemplify the concepts are solved. Theoretical-practical classes in which the students, with the guidance of the teacher, will solve some practical exercises that require the combination of different theoretical concepts and promote critical thinking.

Assessment method: exam 100%

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

As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência.

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

The teaching methods adopted are suited to provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, and are similar to those that are used in the same type of courses in the reference schools.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Atomic Physics", Christopher J. Foot, Oxford University Press (2005), ISBN 978-0198506966

"Physics of Atoms and Molecules", B. H. Bransden, C. J. Joachain, Prentice Hall (2003), ISBN 978-0582356924

"Atoms, Molecules and Photons: An Introduction to Atomic, Molecular and Quantum Physics", Wolfgang Demtroder, Springer (2010), ISBN 978-3642102974

"Introductory Nuclear Physics", K. S. Krane, Wiley (1987), ISBN 978-0471805533

"Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles", R. Eisberg and R. Resnick, Wiley (1985), ISBN 978-0471873730

"Física Nuclear", T. Mayer-Kuckuk, Fundação Calouste Gulbenkian (1993), ISBN 978-9723105988

"Nuclear and Particle Physics", W. S. C. Williams, Oxford University Press (1991), ISBN 978-0198519997

Mapa IV - Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Instrumentation and Data Acquisition Systems

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ENG

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):*Jorge Afonso Cardoso Landeck (T: 28; PL: 28;)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

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

- *Compreender a arquitetura global de um sistema de aquisição de dados digital.*
- *Identificação e localização das diferentes tarefas/funções envolvidas.*
- *Identificar as diferentes limitações físicas e técnicas dos sistemas de aquisição de dados.*
- *Desenvolver a capacidade de utilizar e especificar sistemas de aquisição.*
- *Obter conhecimentos básicos sobre sensores e redes de comunicação de dados.*
- *Utilização de ferramentas de análise e processamento de dados (Matlab).*

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

- *Understand the global architecture of data acquisition systems.*
- *Identify and characterize the different tasks and functions of a data acquisition system.*
- *Identify the physical and technical limitations of data acquisition systems and the associated instrumentation.*
- *Develop the skills to use and specify data acquisition systems.*
- *Learn basic and intermediate concepts of sensor elements and data communication networks.*
- *Use data analysis tools for data processing (Matlab) in the scope of data acquisition systems.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Sistemas de aquisição de dados***Arquitetura genérica. Caracterização e avaliação de desempenho. Exemplos.***2. Transdutores***Definições, características e terminologia. Tipos principais de sensores. Calibração e compensação***3. Condicionamento e multiplexagem***Pontes de medida. Amplificação. Amplificadores operacionais. Amplificadores de instrumentação e de isolamento.***4. Ruído***Medidas de caracterização de ruído. Ruído intrínseco: térmico, quântico e 1/f. Acoplamento de ruído extrínseco. Métodos de eliminação de ruído. Anéis de terra.***5. Conversão Analógico-Digital***Amostragem periódica de sinais. Teorema da amostragem de Nyquist. Erros de quantização e de não linearidade. Relação sinal-ruído e resolução real. Caracterização dos conversores. Principais tipos de conversores.***6. Análise e filtragem***Propriedades dos sinais analógicos e digitais. Análise do espectro de frequência. Sistemas lineares. Auto correlação, correlação cruzada e convolução. Filtros digitais FIR e IIR.***4.4.5. Syllabus:****1. Data Acquisition Systems***Generic Architecture. Characterization and performance evaluation. Examples.***2. Transducers***Definitions, characteristics and terminology. Main types of sensors. Calibration and compensation.***3. Signal Conditioning and Multiplexing***Measurement bridges. Amplification. Operational amplifiers. Instrumentation and isolation amplifiers.*

4. Noise

Noise characterization measurements. Intrinsic noise: thermal, quantum, and 1/f. Extrinsic noise coupling. Methods for noise elimination. Ground loops.

5. Analog-to-Digital Conversion

Periodic sampling of signals. Nyquist sampling theorem. Quantization and non-linearity errors. Signal to Noise Ratio and Effective Number of Bits. Test and characterization of converters. Main type of converters.

6. Analysis and filtering

Properties of analog and digital signals. Analysis of the frequency spectrum. Linear systems. Autocorrelation, cross-correlation and convolution. FIR and IIR digital filters.

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Os conteúdos programáticos seguem a descrição e estrutura de um sistema de aquisição de dados. Pretende-se que o aluno adquira conhecimentos, de grau intermédio, sobre as diferentes componentes deste tipo de sistemas desde a interface com o mundo físico até ao ambiente elaboração de algoritmos de tratamento dos dados adquiridos. O programa é sequencial nessa arquitectura do sistema de aquisição, embora alguns aspectos como o ruído, possam ser considerados transversais. Pretende-se que o aluno perceba que apesar da heterogeneidade de sistemas de aquisição de dados, existe uma matriz comum adaptável a cada aplicação.

- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**
The program contents follow the description and the structure of a data acquisition system. It is intended that students acquire intermediate level knowledge on the various components of such systems starting on the interface with the physical world to the development tools of algorithms for processing the acquired data. The program contents follow the natural sequential order of DAQ system components, although some aspects such as noise analysis, can be considered to have a wide approach. It is intended that the student note that despite the heterogeneity of data acquisition systems, there is a common frame that can be adapted to each application.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Apresentação dos diferentes conteúdos lectivos ilustrados com aulas laboratoriais, resolução de exercícios teórico-práticos e trabalhos de programação em Matlab.*
 - *Os alunos serão incentivados a trabalhar autonomamente e em grupo.*
- Método de avaliação: exame 60%; Trabalho laboratorial ou de campo 40%*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

- *Presentation of the syllabus with support of laboratory classes, problem solving and programming examples and challenges.*
 - *Students are encouraged to work alone and in groups.*
- Assessment method: Exam 60%; Fieldwork or laboratory work 40%*

- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**
Pretende-se estimular o espírito crítico dos alunos através da apresentação dos fundamentos teóricos subjacentes a cada um dos itens do programa, assim como pela resolução de exercícios e pela realização de trabalhos práticos de laboratório.

- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**
It is intended to stimulate students' critical spirit by presenting the theoretical basis underlying each of the items of the syllabus, as well as the solving of exercises and the practical work on the laboratory.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Class presentations and notes*
- *John Bentley, Principles of Measurement, Pearson/Prentice Hall, 2005.*
- *Aurélio Campilho, Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição, FEUP Edições, 2000.*
- *Maurizio Di Paolo Emilio, Data Acquisition Systems From Fundamentals to Applied Design, Springer, 2013.*
- *Data Acquisition Fundamentals, National Instruments, 2002.*

Mapa IV - Mecânica Clássica

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**
Mecânica Clássica

4.4.1.1. Title of curricular unit:***Classical Mechanics*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****FE*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****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):*****Fernando Davide de Sousa e Sampaio dos Aidos (T: 42; TP: 28)*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Reconhecer e usar os princípios e conceitos básicos da Mecânica Newtoniana, e aplicá-los em exemplos simples.******Conhecer e usar técnicas e metodologias apropriadas em mecânica clássica.******Desenvolver as competências de análise e síntese, o raciocínio crítico e aprendizagem autónoma;******Preparar, processar, interpretar e comunicar informação física, utilizando fontes bibliográficas pertinentes, discurso adequado e as ferramentas apropriadas.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****- Recognize and use basic concepts and principles of classical mechanics, and apply them to simple examples.******- Know how to use the methodologies and techniques appropriate to classical mechanics.******-Analyze, synthesize and process information. Develop critical thinking and autonomous learning. Prepare, process, interpret and communicate physics information, using relevant literature sources and appropriate tools.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****1- Formalismo lagrangiano. Ligações e coordenadas generalizadas. Leis de Newton, princípio de d'Alembert e equações de Lagrange. Princípio de Hamilton. Simetrias e leis de conservação. Teorema de Noether.******2- Movimento de sistemas a uma dimensão e sistema isolado de duas partículas. Interação gravítica. Teoria das colisões.******3- Sistemas que executam pequenas vibrações em torno de um ponto de equilíbrio estável. Modos normais de vibração.******4- Movimento do corpo rígido. Transformações ortogonais. Ângulos de Euler. Teorema de Euler. Efeito de Coriolis. Tensor de inércia e teorema de Steiner. Equações de Euler. Movimento do corpo livre e movimento do pião com um ponto fixo.******5- Formalismo hamiltoniano. Transformações de Legendre. Princípio de Hamilton modificado. Transformações canónicas. Parênteses de Poisson.*****4.4.5. Syllabus:*****1- Lagrange formalism. Constraints and generalized coordinates, Newton's laws, d'Alembert principle and Lagrange***

equations. Hamilton's principle. Symmetries and conservation laws. Noether's theorem.

2- One dimensional systems and an isolated two particle system. Gravitational interaction. Scattering theory.

3- Systems that undergo small vibrations around a stable equilibrium position. Normal modes of vibration.

4- Rigid body motion. Orthogonal transformations. Euler angles. Euler theorem. Coriolis effect. Tensor of inertia and Steiner's theorem. Euler equations. Free body motion and motion of the heavy symmetrical top with a fixed point.

5- Hamilton formalism. Legendre transformations. Modified Hamilton principle. Canonical transformations. Poisson brackets.

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática, que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.

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

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the problem classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais e utilizando o quadro, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos que exemplifiquem os conceitos introduzidos.

Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam alguns exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico.

A avaliação: exame final ou a realização regular de problemas que serão avaliados e uma frequência.

Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual media and blackboard, during which the main concepts, principles and fundamental theories of quantum mechanics are presented and discussed. Application to simple examples.

Problem classes during which the student is supposed to solve by him/herself, with help whenever necessary, problems that apply the main concepts of quantum mechanics. Evaluation consists of a final examination, or a collection of several problems along the semester, which will be corrected, and a final test.

Assessment method: exam 100%

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

A estratégia e o método de ensino adotado procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e na sua valorização pessoal, e assim levar ao desenvolvimento, para além de competências técnicas específicas, de algumas competências genéricas, de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática que se procura que os alunos resolvam nas aulas teórico-práticas estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, num nível mais avançado, da competência em análise e síntese.

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

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the problem classes, conditions exist for the development of competencies in problem solving, critical reasoning, applying in practice theoretical knowledge and, at a more advanced level, analysis and synthesis.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Goldstein, Poole and Safko. (2002). Classical Mechanics. 3rd edition - International edition. Pearson.

Landau and Lifchitz. (1976). Mechanics. Butterworth-Heinemann.

Apontamentos do Professor (2019)

Mapa IV - Modelação Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Modelação Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Modeling

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

M

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):

João Carlos Lopes Carvalho (T: 28; PL: 28)

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

<sem resposta>

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

- *Adquirir os conhecimentos básico de métodos numéricos e computacionais e a sua aplicação a sistemas relativos à Engenharia Física.*
- *Aplicar estes conhecimentos na resolução, por meios computacionais, de problemas na área da Engenharia Física.*
- *Reconhecer a importância dos métodos computacionais na resolução de problemas complexos em áreas associadas à Engenharia Física.*
- *Processar e relacionar as questões colocadas com os conhecimentos anteriores.*

Competência em gestão da informação

Competência em raciocínio crítico

Preocupação com a qualidade

Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos

Competência para resolver problemas

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

- *Acquire basic knowledge of numerical and computational methods applied to Physical Engineering.*
- *Apply this knowledge to solving problems in Physical Engineering.*
- *Recognize the importance of computational methods in solving complex problems associated to Physical Engineering.*
- *Relate the acquired knowledge with the information acquired in previous related courses.*

Competence in information management

Competence in critical reasoning

Attention to quality

Competence in practical application of theoretical knowledge
Competence on problem solving

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Bases de análise numérica:

- Zeros e extremos de uma função de uma variável: métodos da bissecção, secante e Newton-Raphson.
- Diferenciação numérica: regras de 2, 3 e 5 pontos e método de Richardson.
- Integração numérica: regras do trapézio, Simpson, Romberg.
- Sistemas lineares de equações: eliminação de Gauss-Jordan, factorização LU.

Métodos importantes na modelação de sistemas biológicos:

- Resolução de equações diferenciais ordinárias: métodos de Euler, Euler-Cramer, Runge-Kutta e preditor-corrector.
- Resolução numérica de equações de derivadas parciais (elíticas, hiperbólicas e parabólicas).
- Método de Monte Carlo: integração, Gillespie.

4.4.5. Syllabus:

Bases of Numerical Methods:

- Zeros and extrema of a function: bisection, secant and Newton-Raphson methods.
- Numerical differentiation: rules of 2, 3 and 5 points, Richardson Extrapolation.
- Numerical integration: Simpson rule, Romberg integration.
- Linear systems of equations: Gauss elimination, LU factorization.

Important methods in modeling biological systems:

- Solving ordinary differential equations: Euler, Euler-Cromer, Runge-Kutta, predictor-corrector methods;
- Solving partial differential equations (elliptic, hyperbolic and parabolic).
- Monte Carlo methods: numerical integration, Gillespie.

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

Todos os conteúdos programáticos ensinam os métodos numéricos que são essenciais para os alunos modelarem a dinâmica de sistemas complexos. Os alunos são motivados a adquirirem um alto nível de independência na busca de soluções para os problemas propostos. A disciplina possui e estimula uma forte componente prática onde os alunos adquirem competência na resolução de problemas numéricos e computacionais com diferentes níveis de complexidade.

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

The syllabus addresses numerical methods that are required for the students to model the dynamics of complex systems. The students are motivated to become independent in the search of solutions to the proposed problems. The course possesses and stimulates a strong practical component where students acquire competence in solving numerical and computational problems with diverse complexity levels.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino é distribuído por aulas teóricas (T) e práticas (PL).

As T visam a explanação dos métodos numéricos e estimulam a compreensão e integração dos conhecimentos.

As PL são práticas computacionais e o software utilizado é o MatLab. As PL permitem a implementação e aplicação prática dos métodos estudados, um reforço do ensino teórico, e promovem o trabalho e a discussão em grupo, bem como estimulam o trabalho autónomo.

Método de avaliação: exame 100%; ou Frequência 100% (alternativa)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical classes have the aim of demonstrating and explaining the numerical methods. In these classes it is stimulated the understanding and integration of the new topics with the previously acquired knowledge.

In the practical classes the students implement computationally in MatLab the algorithms learnt in the theoretical classes. The practical classes promote group work and discussion, as well as stimulate the autonomous work.

Assessment method: exam 100%; Midterm exam 100% (alternative)

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

A implementação prática por parte dos alunos dos métodos aprendidos e exemplificados nas aulas teóricas é a melhor maneira para os alunos conseguirem a familiarização com o MatLab e a independência pretendidas. Nas aulas práticas os alunos adquirem a competência, a autonomia e a confiança necessárias para o desenvolvimento de software aplicado à Engenharia Física.

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

The practical implementation of the methods developed and exemplified in the theoretical classes is the best way for the students to acquire the intended familiarization with MatLab and independence in programming solutions for biological problems. In practical classes students acquire the competence, autonomy and confidence necessary for the development of software applied to Physics Engineering.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- C. Moler, *Numerical Computing with MATLAB*, SIAM (2008).
- Alfio Quarteroni e Fausto Saleri, *Cálculo Científico com MATLAB e Octave*, Springer, 2007.
- Jaan Kiusalaas, *Numerical Methods in Engineering with Python 3*, Cambridge University Press (2017).
- Morten Hjorth-Jensen, *Computational Physics*, University of Oslo (2010).
- Tao Pang, *An Introduction to Computational Physics*, Cambridge University Press (2006).
- William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press, 3rd Edition (2007).

Mapa IV - Laboratórios Avançados de Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratórios Avançados de Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Laboratories in Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ENG

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL: 56

4.4.1.6. ECTS:

6

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

José António de Carvalho Paixão (PL: 56)

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

<sem resposta>

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

Realizar trabalhos experimentais de complexidade elevada em diferentes áreas da física, em laboratórios de ensino e de investigação. Adquirir competências em técnicas experimentais de medição, recolha de dados e análise. Atingir a destreza experimental necessária para a concepção e realização de novas experiências, projetadas e montadas pelos alunos, bem como a análise crítica dos resultados obtidos.

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

The students should be able to execute complex experiments in different physics subjects in both teaching and research laboratories. They should acquire technical skills in measurement, data collection and data analysis, together with the experimental skills needed to design and project new experiments, and make a critical analysis of the obtained results.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Realização de algumas experiências de áreas variadas da física em ambiente tão próximo da investigação quanto possível. Pretende-se que estas experiências cubram um vasto leque de técnicas experimentais usuais em investigação em diferentes áreas tais como: Física Nuclear, Física Atómica, Óptica; Física da Matéria Condensada. Durante a realização dos trabalhos experimentais pretende-se que os alunos desenvolvam autonomia experimental, de modo a que, tendo um determinado objetivo, consigam:

- *procurar informação técnica e científica relevante para a experiência;*
- *desenhar/montar a experiência com equipamento disponível;*
- *realizar a experiência;*
- *validar e avaliar os resultados obtidos;*
- *tratar e comparar os dados com a literatura e/ou previstos pelos modelos teóricos;*
- *apresentar de forma clara e rigorosa a informação científica obtida.*

As experiências podem ser realizadas em laboratório de ensino ou de investigação, dependendo das limitações destes últimos.

4.4.5. Syllabus:

The students should perform experiments in several different areas of physics, as close as possible to actual scientific research. The experiments should cover a wide range of experimental techniques used in research in areas such as: Nuclear Physics, Atomic Physics, Optics, Condensed Matter Physics. The students should acquire experimental autonomy, so that, given an objective, they should be able to:

- *search for technical and scientific information that is relevant for the experiment;*
- *structure the experiment assembly;*
- *perform the experiment;*
- *validate and analyse the data obtained;*
- *treat and compare the data with the literature or with theoretical models;*
- *present the results in a clear, precise manner and scientific format.*

The experiments may be made in teaching or research laboratories, depending on the availability of the latter.

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

Nesta disciplina pretende-se que os alunos adquiram bastante autonomia em física experimental, sendo capazes de consultar manuais, consultar artigos científicos e bibliografia adequada para realizarem experiências de forma autónoma. O programa está organizado de modo a proporcionar a aquisição desses objetivos.

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

In the course it is intended that the students acquire experimental autonomy in experimental work, being able to consult equipment manuals, scientific papers and adequate literature to accomplish the experiments in an autonomous way. The syllabus is organized to attain these objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os alunos deverão planear e realizar trabalhos experimentais, estudando os conceitos físicos e a teoria associada aos mesmos. Realizarão a montagem experimental para atingir os objetivos pretendidos de acordo com o material disponível e implementarão um plano adequado para a medição experimental dos parâmetros em causa. Farão a análise dos resultados e obtenção das incertezas associadas à execução experimental. Apresentarão relatórios de algumas experiências, sendo incentivado o uso de um logbook de laboratório seguindo as práticas de investigação.ão experimental. Apresentarão relatórios e ser

Método de avaliação: Trabalho de laboratorial ou de campo 50%; Outra 50%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The students should plan and execute experimental work, after studying the physical concepts and theory associated with the experiment. They should assemble the experimental system with the available material and should implement an adequate plan to measure the required parameters. The results should be analysed and the uncertainties associated with the measurements should be considered. Reports will be asked for a selected set of experiments and the maintenance of a laboratory logbook following usual research practice will be encouraged.

Assessment method: Fieldwork or laboratory work 50%; Other 50%

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

O principal objetivo desta disciplina é a autonomia em termos experimentais e as metodologias de ensino vão de

encontro a esse objetivo.

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

The main objective of the course is the experimental autonomy of the students and the learning outcomes are designed to fulfill these objectives.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

GL Squires, Practical physics, Cambridge Press, 2001

P Bevington and DK Robinson, Data reduction and error analysis for the physical sciences, McGraw Hill, 2002

Mapa IV - Análise de Dados e Técnicas Laboratoriais de Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise de Dados e Técnicas Laboratoriais de Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Analysis in Physics laboratory

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FB

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 14; PL: 42 (3 turmas PL/3 PL classes)

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):

Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares (T: 14; PL: 42)

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

João Manuel Rendeiro Cardoso (PL:84)

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

1. Aquisição de conceitos básicos relativos à análise de dados de medidas directas e indirectas de grandezas: métodos para adopção das melhores estimativas para os valores das grandezas medidas e para parâmetros de correlação funcional entre várias grandezas; bases do método de ajuste por minimização do qui-quadrado.

2. Desenvolvimento de competências experimentais e laboratoriais relativas à realização de medidas com diversos instrumentos e obtenção de estimativas para as grandezas medidas, com relevância para a identificação das características dos instrumentos e as origens de erros sistemáticos e aleatórios.

Além daquelas competências de importância central, a disciplina deve ainda desenvolver as seguintes competências de importância secundária:

3. Organização e método de trabalho.

4. *Comunicação científica, através da redacção de relatórios escritos.*
5. *Utilização de meios informáticos para tratamento básico de dados em folha de cálculo.*

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

1. *Acquisition of basic concepts in data analysis of direct and indirect measurements: methods for estimating the best values associated to the data, as well as of the functional correlations. Least-squares fit by minimization of chi-squared.*
2. *Development of experimental and laboratory competences related to the measurements with several instruments and estimating the best values, with special emphasis on the identification of the characteristics of the instruments and the origin of systematic and random errors.*

The following secondary competences are also aimed at:

3. *organization and work method;*
4. *scientific communication, through written reports;*
5. *use of computing means for the basic analysis of experimental data;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Verdadeiro valor de uma grandeza. Erros em medidas. Propagação de erros. Distribuições de probabilidade.*
2. *O princípio de mínimos quadrados e o princípio de máxima probabilidade. Adopção da melhor estimativa para o verdadeiro valor de uma grandeza. Intervalos de confiança.*
3. *Noções gerais sobre ajuste de curvas a resultados experimentais. Ajuste de rectas.*
4. *Avaliação da qualidade de um ajustamento. O teste do qui-quadrado. Qui-quadrado normalizado.*
5. *Algumas noções de instrumentação básica: multímetros, osciloscópio, etc.*
6. *Realização de trabalhos experimentais de medidas directas e indirectas de grandezas físicas.*

4.4.5. Syllabus:

1. *True value. Errors in measurements. Error propagation. Probability distributions.*
2. *Least-squares principle and maximum-probability principle.*
3. *Best estimate of the true value. Confidence intervals.*
4. *General notions of curve fitting to experimental data. Linear fitting. Evaluation of the quality of the fit. The chi-squared test and the normalized chi-squared.*
5. *Notions on basic instrumentation: multimeters, oscilloscope, etc.*
6. *Execution of laboratory works for direct and indirect measurements*

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

- Os pontos 1 a 4 do programa servem o ponto 1 dos objectivos.*
Os pontos 5 e 6 do programa servem o ponto 2 dos objectivos.
O ponto 6 do programa serve os pontos 3 e 4 dos objectivos.
Os pontos 1 a 4 e 6 do programa servem o ponto 5 dos objectivos.

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

- Points 1 to 4 of the syllabus serve point 1 of the objectives.*
Points 5 and 6 of the syllabus serve point 2 of the objectives.
Point 6 of the syllabus serve points 3 and 4 of the objectives.
Points 1 to 4 and 6 of the syllabus serve point 5 of the objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. *Exposição dos tópicos da matéria teórica.*
 2. *Realização supervisionada de trabalhos práticos previamente preparados, em grupos constituídos de acordo com um sistema rotativo. A última hora de aula deve ser dedicada à análise e discussão dos resultados obtidos. Os dados são registados e analisados num logbook individual.*
 3. *Cada grupo elabora, depois da aula e de discutir o trabalho com o professor, relatórios sobre trabalhos seleccionados que incluirá uma introdução de correlação com a matéria teórica e a apresentação dos resultados em gráficos e tabelas e a respectiva análise e discussão.*
- Método de avaliação: exame 40%; Trabalho laboratorial ou de campo: relatórios 30%; Logbook 30%*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. *Data analysis methods are taught in the theoretical lessons.*
2. *In the laboratory classes students execute, under supervision of the professor, laboratory works previously prepared, in groups constituted in a rotation basis. The last hour of the class is dedicated to data analysis and discussion of results. Data are recorded and analysed in an individual logbook.*
3. *Afterwards each group writes a report on some works, including an introduction with the necessary theoretical basis*

and the presentation of the results in graphs and tables, jointly with the corresponding analysis and discussion
Assessment method: exam 40%; Fieldwork or laboratory work: Experimental reports 30%; Logbook 30%

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

O ponto 1 das metodologias de ensino serve o ponto 1 dos objectivos.

O ponto 2 das metodologias de ensino serve os pontos 2 e 3 dos objectivos.

O ponto 3 das metodologias de ensino serve os pontos 4 e 5 dos objectivos

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

Point 1 of the teaching methodologies serves point 1 of the learning outcomes.

Point 2 of the teaching methodologies serves points 2 and 3 of the learning outcomes.

Point 3 of the teaching methodologies serves points 4 and 5 of the learning outcomes

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

[1] Liliana Ferreira, Introdução à análise e tratamento de dados experimentais, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 2012.

[2] John R. Taylor, An Introduction to Error Analysis (2nd ed.), University Science Books, California, 1997.

[3] I.G. Hughes and T.P.A. Hase, Measurements and their uncertainties, Oxford Univ. Press, 2010.

[4] Philip R. Bevington & Keith Robinson, Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences (3rd ed.), McGraw-Hill, New York, 2003.

[5] Gordon L. Squires, Practical Physics (4th ed.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001.

Mapa IV - Física dos Sólidos e das Moléculas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física dos Sólidos e das Moléculas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics of Solids and Molecules

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FE

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

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):

Fernando Manuel Silva Nogueira (T: 42; TP: 28)

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

<sem resposta>

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

Esta unidade curricular servirá para introduzir os conceitos principais do estudo de coleções de átomos, isto é, de moléculas/agregados e sólidos. O aluno deverá adquirir os conhecimentos fundamentais sobre a estrutura eletrónica de moléculas e sólidos e sobre a descrição quântica das propriedades da matéria. Deverá também adquirir a capacidade de resolução de problemas relativos a esta matéria.

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

This course will introduce the main concepts of the study of atom collections, i.e., molecules/clusters and solids. The student should acquire the fundamental knowledge about the electronic structure of molecules and solids and about the quantum description of the properties of matter. He/she should also acquire problem-solving skills in this regard.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Teoria das Orbitais Moleculares.

Rotações e vibrações de moléculas.

Conceitos base de Mecânica Estatística

Propriedades térmicas dos sólidos: o dilema da capacidade calorífica.

Estrutura cristalina de sólidos.

Elétrões em sólidos: modelos de Drude, Sommerfeld e elétrões de Bloch. Estrutura de bandas. Metais, semicondutores e isoladores.

Noções de magnetismo em sólidos.

4.4.5. Syllabus:

Molecular Orbital Theory.

Rotations and vibrations of molecules.

Simple concepts in Statistical Mechanics.

Thermal properties of solids: the heat capacity dilemma.

Crystalline structure of solids.

Electrons in solids: Drude and Sommerfeld models. Bloch electrons.

Band structure. Metals, semiconductors and insulators.

Basic notions of magnetism in solids.

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

Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência.

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

The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference schools.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas expositivas, recorrendo a meios audiovisuais e utilizando o quadro, dos conceitos, princípios e teorias fundamentais e com a resolução de exercícios práticos que exemplifiquem os conceitos introduzidos.

Aulas teórico-práticas em que se pretende que os alunos, com a orientação do docente, resolvam alguns exercícios de aplicação prática, que exijam a conjugação de conceitos teóricos distintos e promovam o raciocínio crítico.

Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures, using audiovisual means and the blackboard, where the concepts, principles and fundamental theories are presented and practical exercises that exemplify the concepts are solved. Theoretical-practical classes in which the students, with the guidance of the teacher, will solve some practical exercises that require the combination of different theoretical concepts and promote critical thinking.

Assessment method: exam 100%

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

As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência.

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

The teaching methods adopted are suited to provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, and are similar to those that are used in the same type of courses in the reference schools.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Molecular Quantum Mechanics", Peter W. Atkins, Ronald S. Friedman, Oxford University Press (2010), ISBN 978-0199541423

"Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles", R. Eisberg and R. Resnick, Wiley (1985), ISBN 978-0471873730

"Solid State Physics", N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Thomson Press (2003), ISBN 978-8131500521

"Magnetism in Condensed Matter", S. Blundell, Oxford University Press (2001), ISBN 978-0198505914

Mapa IV - Inovação e Empreendedorismo Tecnológico

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Inovação e Empreendedorismo Tecnológico

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Innovation and Technological Entrepreneurship

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

GC

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

162

4.4.1.5. Horas de contacto:

T: 28; S: 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 Basílio Portas Salgado Simões (T: 28; S: 28)

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

<sem resposta>

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

Pretende-se estimular nos alunos uma atitude de inovação e de empreendedorismo através da discussão dos conceitos chave, do contacto e análise de casos de sucesso e de fracasso e da prática e exploração de cenários. Será dado especial enfoque à capacidade de apresentação de ideias, à capacidade de negociação e à elaboração e defesa de um plano de negócios.

Pretende-se igualmente apoiar os alunos na descoberta e desenvolvimento das qualidades, características e atitudes de empreendedores bem sucedidos.

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

We intend to stimulate in students a mindset of innovation and entrepreneurship through discussion of the key concepts and the contact with success and insuccess entrepreneurial cases and the practice and exploration of scenarios.

Special focus will be given to the ability of presenting ideas, the ability to negotiate and the preparation and discussion of a business plan.

It also aims to support students in discovering and developing the qualities, characteristics and attitudes of successful entrepreneurs.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Inovação**

. *Definição de Inovação num contexto empresarial*

. *As 5 disciplinas da Inovação*

- *Identificação das necessidades importantes dos clientes e do mercado*

- *Criação de Valor*

- *Campeões da Inovação (Innovation Champions)*

- *Equipas de Inovação*

. *Alinhamento Organizacional*

. *Fóruns de Inovação*

. *Construção de Planos de Inovação*

2. Construção e Apresentação de Propostas de Valor

- *Metodologia NABC (Needs, Approach, Bennefit, Competition)*

3. Técnicas de Negociação**4. Plano de Negócios**

- *The Customer Development Model (customer discovery; customer validation)*

- *Canvas Business Model*

5. Liderança e Empreendedorismo

- *Motivação, formação e liderança*

- *Ambição*

- *A importância do Ecossistema e das Redes*

4.4.5. Syllabus:**1 - The 5 disciplines of Innovation:**

- *Identification of importante customer and market needs*

- *Value creation*

- *Innovation Champions*

- *Innovation Teams*

- *Organizational alignment*

. *Innovation Forums*

. *Innovation Plans*

2. Building and Presenting Value Propositions

- *NABC methodology (Needs, Approach, Bennefit, Competition)*

3. Negotiation skills**4. Business Plans**

- *The Customer Development Model (customer discovery; customer validation)*

- *Canvas Business Model*

5. Leadership and Entrepreneurship

- *Motivation, training and leadership*

- *Ambition*

- *The importance of networking and of the ecosystem*

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

Os conteúdos programáticos estão alinhados com os objetivos curriculares pois o que se pretende é estimular nos alunos uma atitude empreendedora, o que só se consegue praticando e aprendendo com a experiência de empreendedores mais experientes.

Todos os conteúdos estão organizados de forma a estimular essa prática e observação, a qual se torna obrigatória também pela forma de avaliação curricular escolhida.

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

The syllabus are aligned with curricular objectives because the aim is to stimulate in students an entrepreneurial mindset, which can only be achieved by practicing and learning from the experience of more experienced entrepreneurs.

All contents are organized in order to stimulate this practice and observation, which becomes mandatory also due to the evaluation criteria chosen for the discipline.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Procurar-se-á implementar um método de aprendizagem participativo, privilegiando a aquisição activa de competências mais do que a transmissão passiva de conhecimentos. Os alunos, organizados em equipas, terão de efectuar pequenos testes práticos, como por exemplo a construção, apresentação e defesa de uma proposta de valor ou de um plano de negócios simplificado.

Serão dados exemplos práticos de empreendedores, bem e mal sucedidos, e convidados alguns protagonistas nacionais para partilharem a sua experiência.

Método de avaliação: exame 30%; Projeto 70%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

A method of participatory learning is implemented, focusing on the active acquisition of skills rather than passive transmission of knowledge. The students, organized in teams, develop small practical tests, such as the construction, presentation and discussion of a value proposition and of a simplified business plan.

Practical examples of entrepreneurs are given, some of them are invited to give a speech to the students, sharing their personnel experience.

Assessment method: exam 30%; project 70%

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

A metodologia de ensino seguida está alinhada com os objetivos da unidade curricular pois o que se pretende é estimular nos alunos uma atitude empreendedora, o que só se consegue praticando e aprendendo com a experiência de empreendedores mais experientes.

Todos os conteúdos e métodos de ensino utilizados estão organizados de forma a estimular essa prática e observação, a qual se torna obrigatória também pela forma de avaliação curricular escolhida.

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

The teaching methodologies and the learning outcomes are aligned because the aim is to stimulate in students an entrepreneurial mindset, which can only be achieved by practicing and learning from the experience of more experienced entrepreneurs.

All contents and teaching methods are organized in order to stimulate this practice and observation, which becomes mandatory also due to the evaluation criteria chosen for the discipline.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

The 5 Disciplines of Innovation, SRI – Stanford Research Institute, 2010

Vasconcellos e Sá, Jorge Alberto 1997, " Os Senhores da Guerra" Bertrand Editora.

<http://faculty.babson.edu/academic/sye3/RocketPitch/Student/index.htm>

Steve Blank and Bob Dorf, K&S Ranch Publ, USA 2012

"The Startup Owner's Manual – The step by step guide for building a great company",

www.steveblank.com

<http://faculty.babson.edu/academic/sye3/RocketPitch/Student/index.htm>

Youtube...

http://www.youtube.com/watch?v=Tq0tan49rmc&feature=autoplay&list=P L4BD9854098A1A336&lf=results_video&index=19&playnext=2

Mapa IV - Química Geral**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Química Geral

4.4.1.1. Title of curricular unit:***General Chemistry*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****Q*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****162*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****T:28; TP: 21; PL: 9*****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):*****Rui Fausto Martins Ribeiro da Silva Lourenço (T: 28; TP: 21; PL: 9)*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Mário Tulio dos Santos Rosado (TP:21; PL:9)******Ana Cristina Faria Ribeiro (TP:21; PL:9)*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Promover uma preparação básica em Química para as disciplinas no curso e para a actividade futura do engenheiro, através da revisão, extensão e aplicação de conceitos fundamentais a nível da estrutura atómico-molecular e das transformações químicas, inter-relacionando estas perspectivas.******Pretende-se que o aluno desenvolva competências interpretativas e preditivas de fenómenos macroscópicos (propriedades e transformações dos materiais) em função da estrutura atómico-molecular da matéria.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Promote basic training in chemistry to disciplines downstream in the course and for future activity of the engineer, through the review, extension and application of fundamental concepts both on atomic-molecular structure and chemical transformations, in an interactive way.******It is intended that students develop skills regarding the interpretation and prediction of macroscopic phenomena (properties and transformations of materials), in the light of the atomic-molecular structure of matter.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****1. Estrutura e composição da matéria******Estrutura atómica.******Tabela Periódica dos elementos.******Ligação química e geometria molecular.******Nomenclatura de compostos químicos.******2. Estados físicos da matéria******Propriedades dos gases.******Forças intermoleculares.******Líquidos e sólidos.******Soluções e propriedades coligativas.******3. Princípios de termodinâmica e cinética***

Energia, calor e trabalho.
Entropia e espontaneidade.
Velocidade de reações químicas.
Catálise.

4. Equilíbrio químico
Princípios gerais de equilíbrio químico.
Reacções de ácido-base.
Equilíbrio de solubilidade.
Reacções de oxidação-redução e eletroquímica.

5. Temas específicos opcionais
Tópicos de interesse particular para cada licenciatura em engenharia, incluindo a realização de trabalhos experimentais relacionados.

4.4.5. Syllabus:

1. Structure and composition of matter
Atomic structure.
Periodic table.
Chemical bond and molecular structure.
Chemical nomenclature.

2. Physical states
Properties of gases.
Intermolecular forces.
Liquids and solids.
Solutions and colligative properties.

3. Principles of thermodynamics and kinetics
Energy, heat and work.
Entropy and spontaneous change.
Reaction rates.
Catalysis.

4. Chemical equilibrium
General Principles of the chemical equilibrium.
Equilibria in solutions of acids and bases.
Solubility equilibrium.
Redox reactions and electrochemistry.

5. Specific optional subjects
Topics of interest for each specific engineering course, including related experimental works carried out by the students.

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

O conteúdo programático desta unidade curricular contempla conceitos básicos da área da Química, com especial ênfase para temas de interesse para o campo da Engenharia a que se destina.
Assim, espera-se que os alunos adquiram competências nesta área, sendo capazes, no final desta unidade curricular, de relacionar as propriedades e transformações químicas dos materiais com a respectiva estrutura e movimentos a nível atómico-molecular.
Para tal estruturaram-se aulas de tipologia teórica e teórico-prática focadas essencialmente na necessidade da compreensão de características e mecanismos químicos de materiais para posteriormente se poder utilizar este conhecimento em aplicações práticas no campo da Engenharia.

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

The curriculum of this curricular unit covers basic concepts in the field of Chemistry, with special emphasis on topics of interest to the area of Engineering.
Thus, it is expected that students acquire skills in this area, being able, at the end of the semester, to relate the properties and chemical transformations of materials with their structure and atomic-molecular dynamics.
To achieve these goals, both theoretical and theoretical-practical classes are primarily focused on the need for understanding the characteristics and mechanisms of chemical materials, in order to use this knowledge in practical applications in the field of Engineering.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas com exposição detalhada, recorrendo a meios audiovisuais, dos conceitos fundamentais a nível da

estrutura atómico-molecular e das transformações químicas previstos no conteúdo programático da unidade curricular.

Aulas teórico-práticas onde sejam discutidos aspectos específicos e aplicações práticas dos conceitos abordados nas aulas teóricas e, com a orientação do docente, os alunos resolvam exercícios de aplicação.

Conjunto de 9 horas de aulas práticas laboratoriais, de modo a possibilitar aos alunos um contacto direto com a experiência química relacionada com os conteúdos abordados nas aulas teóricas e teórico-práticas.

Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes comprising detailed exposition, using audiovisual media, of basic concepts of atomic-molecular structure and chemical changes, set out in the course syllabus.

Theoretical-practical classes, focusing specific points and practical applications of the basic concepts covered in theoretical classes. Under the teachers' guidance, students will solve exercises on each lectured theme.

A total of 9 hours of laboratory practice will allow the students to contact directly with chemical experiments related to the subjects treated in the theoretical and theoretical-practical classes.

Assessment method: exam 100%

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

De modo a atingir os objectivos delineados para a unidade curricular estruturaram-se aulas de tipologia teórica de um modo dirigido ao Curso a que se destinam, recorrendo a meios audiovisuais suscetíveis de captar a atenção e estimular os alunos, e referindo exemplos e aplicações práticas relacionados com o tema em estudo.

Nas aulas teórico-práticas, são feitos aprofundamentos e revisões da matéria dada, de modo a avaliar o grau de compreensão da mesma por parte dos alunos. Será ainda demonstrada a aplicabilidade dos conceitos teóricos lecionados.

As aulas laboratoriais pretendem introduzir algumas técnicas e práticas experimentais, de modo a equilibrar o teor essencialmente teórico dos conteúdos lecionados. O principal objetivo destas aulas é aumentar a motivação dos alunos para os temas abordados e, deste modo, estimular o estudo com vista a uma melhor compreensão da matéria e, assim, aumentar o índice de sucesso da unidade curricular.

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

In order to achieve the objectives outlined for this curricular unit, theoretical classes were structured according to the Course for which they are designed, using audio-visual materials that could capture attention and stimulate a large group of students, and referring to examples and practical applications related to the topic under study.

In the theoretical-practical classes, insights and revisions of subjects taught are made, in order to assess the degree of understanding of them by students. Moreover, in these sessions it is possible to demonstrate the applicability of theoretical concepts taught. The laboratory classes aim to introduce some experimental techniques and practices, in order to balance the essentially theoretical content of the taught contents. The main objective of these classes is to increase students' motivation for the topics covered while stimulating the study to a better learning and thus increase the success rate of the course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

"Química", R. Chang (Ed. McGraw Hill, 8ª edição): Livro de texto de referência

"Química, Princípios e Aplicações", Reger, Goode, Mercer (Ed. F. Gulbenkian)

"Chemical Principles", P. Atkins & L. Jones (Ed. W.H. Freeman)

"Chemistry", S.S. Zumdahl (Ed. Houghton Mifflin)

"Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais", William F. Smith (Ed. McGrawHill)

"Química Geral", J.B. Russel (Ed. McGraw Hill)

"Química Geral: Conceitos Essenciais", R. Chang (Ed. McGraw Hill)

Mapa IV - Sistemas Digitais e Microcontroladores

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Sistemas Digitais e Microcontroladores

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Digital Systems and Microcontrollers

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

ENG

4.4.1.3. Duração:

Semestral**4.4.1.4. Horas de trabalho:****162****4.4.1.5. Horas de contacto:****TP: 28; PL: 28****4.4.1.6. ECTS:****6****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Jorge Afonso Cardoso Landeck (TP: 28; PL: 28)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Adquirir conhecimentos básicos sobre lógica de Boole e circuitos digitais básicos.*
- *Compreender o funcionamento e interligação dos principais componentes constitutivos dos sistemas embutidos.*
- *Adquirir a capacidade de utilizar plataformas e ambientes de desenvolvimento para programar sistemas embutidos.*
- *Perceber o modo de operação dos mecanismos de comunicação com dispositivos periféricos.*
- *Treinar a capacidade de projeto de sistemas embutidos estimulando a criatividade e a capacidade crítica.*

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

- *Learn Boolean logic and to design basic digital circuits*
- *Understand how the main components of an embedded system work and are interconnected.*
- *Learn how to use development platforms and environments to program embedded systems.*
- *Understand the operating principles of the communication mechanisms with the peripheral devices.*
- *Develop the ability to design embedded system being creative and critical.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Logica digital****Álgebra de Boole. Circuitos lógicos combinatórios. Circuitos lógicos sequenciais. Contadores e temporizadores. Somadores. Dispositivos programáveis.****2. Microcontroladores e microsistemas****Arquiteturas e componentes: CPU, memória, buses e unidades de E/S. Interrupções. Programação em linguagem assembly e linguagens de alto nível. Sistemas operativos embutidos e de tempo-real. Ferramentas de desenvolvimento.****3. Dispositivos periféricos****Temporizadores e contadores, conversores A/D e D/A, LEDs, teclados e displays. Mecanismos e protocolos de interface: I2C e SPI. Estruturas de programação: máquinas de estado, filas e buffers circulares.****4. Interfaces de rede****Unidades e interfaces de comunicação série. Conectividade cablada e sem fios. Protocolos abertos: SCPI e Modbus.****4.4.5. Syllabus:****1. Digital logic****Boolean algebra. Combinational logic circuits. Sequential logic circuits. Counters and timers. Adders. Programmable devices.****2. Microcontrollers e microsystems****Architectures and components: CPU, memory, buses, and I/O units. Interruptions. Assembly language and higher level**

languages programming. Embedded and real-time operating systems. Development tools.

3. Peripheral devices

Counters and timers, A/D and D/A converters, LEDs, keyboards, and displays. Interface mechanisms and protocols: I2C and SPI. Programming structures: state machine, queues, and circular buffers.

4. Network interface

Serial communication units and interfaces. Cabled and wireless connectivity. Open protocols: SCPI and Modbus.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível e por comparação com a prática das escolas de referência. Desta forma, os conteúdos permitem alcançar os objetivos da unidade curricular.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the subject, according to the available reference literature and by comparison with the reference schools. In this way, the objectives of the curricular unit can be met.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. Leccionação em aulas teóricas práticas, no sentido de formar uma sólida cultura científica e técnica no domínio vasto das tecnologias telemáticas que constituem a base dos modernos sistemas de Instrumentação;

2. Treino em aulas práticas e estudo de casos paradigmáticos, no sentido de transmitir boas práticas e de formar capacidades de decisão, avaliação crítica e realização de soluções.

Método de avaliação: exame 60%; Projeto 40%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

1. Lectures, in order to form a solid scientific and technical culture in the broad field of telematics technologies that form the basis of modern instrumentation systems.

2. Training in practical sessions and study of paradigmatic cases, in order to teach good practices and to develop decision-making capacities, critical evaluation and implementation of solutions.

Assessment method: exam 60%; project 40%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A metodologia de ensino proposta conjuga a apresentação do conhecimento teórico básico com a realização de trabalhos laboratoriais aplicados. Desta forma, os conceitos fundamentais são mais facilmente assimilados e interligados.

Por outro lado, os trabalhos laboratoriais permitem ainda desenvolver a criatividade e o espírito crítico.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The proposed teaching methodology combines the presentation of the basic theoretical knowledge with application lab works. In this way, the fundamental concepts are better understood and interrelated. Moreover, the lab works help in developing the creativity and critical reasoning.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Thomas Floyd, Digital Fundamentals, Prentice Hall, 2009.

- Wayne Wolfe, Computers as Components Principles of Embedded Computing Systems Design, Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

- Edward Lee and Sanjit Seshia, Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, MIT Press, 2017.

Mapa IV - Técnicas de Planeamento e Gestão

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas de Planeamento e Gestão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Planning and Management Techniques

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

GC

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
162

4.4.1.5. Horas de contacto:
TP: 56

4.4.1.6. ECTS:
6

4.4.1.7. Observações:
<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:
<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):
Carlos Henggeler Antunes (TP: 56)

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

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais na área de planeamento e gestão de operações num contexto de problemas de engenharia, que lhes permitam identificar tipos de problemas, construir modelos matemáticos que incluam as características essenciais desses problemas, aplicar algoritmos que produzam soluções para esses problemas, e proceder a uma análise crítica das soluções obtidas.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
Providing the students with methodological and application competences in the area of operations planning and management in the context of engineering problems, in order to enable them to identify types of problems, develop mathematical models that include the essential characteristics of those problems, and apply algorithms to generate solutions for the problems, and to perform a critical analysis of the solutions obtained.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à programação linear. Construção de modelos matemáticos de programação linear. O método simplex.***
- 2. Planeamento e gestão de projectos. Construção de redes de projectos (actividades nos arcos e actividades nos nodos). Tempos mais cedo, tempos mais tarde, folgas. Os métodos PERT e CPM. Calendarização do projecto. Análise do projecto no espaço dos recursos. Heurística para nivelamento dos recursos.***
- 3. Gestão de stocks. Modelos determinísticos. Modelos estocásticos. Políticas de "nível de encomenda" e de "revisão cíclica". Modelos de optimização global e parcial.***
- 4. Previsão. Séries temporais. Regressão linear. Regressão não linear e regressão múltipla.***
- 5. Análise de decisões. Tomada de decisões sem e com experimentação. Árvores de decisão.***
- 6. Introdução às cadeias de Markov.***
- 7. Introdução à teoria das filas de espera. Caracterização das distribuições de chegada e do atendimento. Processos de nascimento e morte. Modelos M/M/1, M/M/S, M/M/1/K e M/M/S/K, M/M/1/N e M/M/S/N.***

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to linear programming (LP). Development of LP mathematical models. Solving LP problems.***
- 2. Project planning and management with PERT/CPM.***
- 3. Inventory theory models.***
- 4. Forecasting.***
- 5. Decision analysis.***
- 6. Markov chains.***
- 7. Queueing theory.***

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A unidade curricular tem como objectivo essencial dotar os alunos de competências metodológicas e aplicacionais na área de planeamento e gestão de operações num contexto de problemas de engenharia. Neste contexto, os conteúdos programáticos incluem modelos e métodos nas áreas de optimização linear, planeamento e gesto de projetos, gestão de stocks, previsão, análise de decisões, cadeias de Markov e modelos de filas de espera, englobando uma vasta gama de problemas de planeamento e gestão operacional. Assim, os estudantes são expostos aos principais problemas, modelos e algoritmos nestes domínios, ficando habilitados a desenvolver abordagens cientificamente validadas para gerar soluções implementáveis na prática.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The curricular unit is aimed at providing the students with methodological and application competences in the area of operations planning and management in the context of engineering problems. In this context, the syllabus includes models and methods in the areas of linear optimization, project planning and management, inventory management, forecasting, decision analysis, Markov chains and queueing models, thus encompassing a vast range of operational planning and management problems. Therefore, students are exposed to the main problems, models and algorithms in those domains, being able to develop scientifically sound approaches to generate solutions implementable in practice.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
Aulas expositivas de natureza tutorial em que os conceitos teóricos e metodológicos surgem motivados por problemas reais, sempre ilustradas com exemplos de aplicação.
Recurso a packages (comerciais ou de domínio público) para a obtenção das soluções para os modelos matemáticos, libertando o estudante para as tarefas mais criativas de formulação dos problemas, construção dos modelos e análise crítica dos resultados.
Método de avaliação: exame 100%

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Theoretical and methodological concepts are presented in tutorial lectures, being motivated by real-world problems and illustrated with application examples.
Software (commercial and public domain) packages are used to obtain solutions to the mathematical models, thus freeing the students for the more creative tasks of problem formulation, model building and critical analysis of results.
Assessment method: exam 100%

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
As aulas serão todas de natureza teórico-prática, nas quais os alunos serão expostos aos principais modelos e métodos, sendo os problemas suscitados por aplicações reais. Será dada particular atenção à aplicação dos conceitos teóricos e metodológicos para resolver problemas, i.e. gerar soluções cuja análise crítica revele serem de facto as mais adequadas. Os exemplos ilustrativos serão escolhidos para mostrar a importância de dispor de abordagens cientificamente baseadas para apoio à tomada de decisões em problemas de planeamento e gestão de operações, semelhantes aos que um engenheiro poderá encontrar na sua prática profissional.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
All lectures will have a theoretical-practical nature, in which the students will be exposed to the main models and methods, the problems arising from a real-world setting. Particular attention will be paid to the application of theoretical and methodological concepts to solve problems, i.e. generating solutions the analysis of which reveal to be indeed the most adequate. Illustrative examples will be selected to display the importance of having scientifically based approaches for decision support in operational planning and management problems, which are similar to the ones that an engineer may encounter in his/her professional practice.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
 - Hillier, F. S., G. J. Lieberman. "Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, 2010 (9th ed.).
 - Tavares, L. V., R. C. Oliveira, I. H. Themido, F. N. Correia. "Investigação Operacional", McGraw-Hill Portugal, 1996.
 - Bronson, R., G. Naadimuthu. "Investigação Operacional", Colecção Schaum (2ª. Ed.), McGraw-Hill Portugal, 2001.

Mapa IV - Seminários de Engenharia Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Seminários de Engenharia Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Seminars of Engineering Physics**4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****ENG****4.4.1.3. Duração:****Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****81****4.4.1.5. Horas de contacto:****TP: 28****4.4.1.6. ECTS:****3****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Francisco Amaral Fortes de Fraga (TP:28)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Conhecimento do que é a Engenharia e as competências de um Engenheiro.****Conhecimento do que é a Engenharia Física, suas características específicas e sua prática.****Apresentação do percurso educativo, métodos e meios utilizados.****Capacidade de resumir por escrito ou oralmente uma palestra, mantendo os seus aspectos essenciais.****Competência em análise e síntese, Competência em comunicação oral e escrita, Conhecimentos de ferramentas informática relativos ao âmbito do estudo, Competência em gestão da informação, Competência em entender a linguagem de outros especialistas.****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****Knowledge of what is engineering and what are the skills of an engineer.****Knowledge of what is Engineering Physics, its specific characteristics and practice.****Presentation of the educational process, methods and means. Ability to summarize a seminar orally or in writing, keeping its essential aspects.****Competence in analysis and synthesis, skills in oral and written communication, ciic General computer skills.****Competence in information management,****Competency in understanding the language of other experts.****4.4.5. Conteúdos programáticos:****1 –Participação em Seminários sobre as actividades do Departamento de Física e Centros de Investigação realizados por Professores do Departamento, Engenheiros de sucesso convidados, empresários, recém licenciados e alunos de doutoramento. sobre as áreas de Instrumentação, Qualidade e Materiais.****2 - Apresentação e discussão da engenharia.e do perfil dos engenheiros.****3 -A Engenharia Física - apresentação do curso e debate.****4 Características dos engenhieros e o trabalho em grupo.****5 Códigos, regulamentos e normas.****5 -Utiliação de ferramentas computacionais em Engenharia,****6 -Utilização correcta dos motores de busca na Internet****7- Realização de dois projectos práticos em pequenos grupos.**

4.4.5. Syllabus:

- 1 - Participation in Seminars on the activities of the Physics Department and Research Centres given by Professors of the Department, invited successful engineers, businessmen, graduates and students.*
- 2 - Presentation and discussion of the engineering profession and .the engineer profile.*
- 3 -Engineering Physics - presentation and debate.*
- 4 Characteristics of engineers and group work.*
- 5 Codes, regulations and standards.*
- 5 -Using computer tools in Engineering,*
- 6 - Proper use of internet search engines*
- 7- Realization of two practical projects in small groups..*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência acima referidas.

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

The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference school referred above.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A cadeira é lecionada predominantemente sobre forma de seminários, de que os alunos têm de fazer obrigatoriamente um resumo de cerca de 2000 caracteres .
Algumas palestras são acompanhadas de trabalhos a realizar pelos alunos com consulta na internet.
Os trabalhos sobre técnicas informáticas são realizados em grupos de dois alunos .
Os trabalhos de projecto envolvem uma componente prática.

Componentes de avaliação com cotação indicativa em percentagem:
Exame 40 , Projecto 60

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is mostly taught in the form of seminars, that students must compulsorily summarize in reports around 2000 characters.
Some lectures are accompanied by work carried by students with consultation on the internet.
Work on computer skills is carried out in groups of two students.
Project work involves a practical component.

Evaluation components and corresponding weights (as percentage) in the final grade:
Exam 40, Project 60.

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os alunos entram no curso de Engenharia Física sem ter uma ideia precisa do que é na realidade a engenharia. O estudo das matérias expostas no livro de texto de apoio, assim como os seminários por profissionais de engenharia, formalizam definições e preparam-nos para os deveres e responsabilidades de um engenheiro do futuro. A obrigação de fazer relatórios de seminários sobre assuntos diversos prepara-os para serem bons ouvintes e ter capacidade de comunicar ao longo do curso.

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

Students enter the Engineering Physics course without having a precised idea of what engineering really is. The study of the subjects exposed in the support text book, as well as seminars by engineering professionals, formalize definitions and prepare them for the duties and responsibilities of the engineer of the future. The obligation to report on seminars on various subjects prepares them to be good listeners and to be able to communicate throughout the course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Engineering Fundamentals, An Introduction to Engineering, Saeed Moaveni, Thomson, 2014

4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

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

As metodologias de ensino e aprendizagem seguidas no plano de estudos e que foram elaboradas pelos docentes associados a cada disciplina, com base no seu conhecimento na área e na sua experiência de lecionação, estimulam os alunos na aquisição de informação e de conhecimentos, na reflexão crítica e na diversidade de técnicas científicas e tecnológicas existentes nesta área. Isto contribui para atingir os objetivos das unidades curriculares do plano de estudos ao reforçar a aprendizagem dos conteúdos e as capacidades do exercício prático das respetivas competências, em aulas laboratoriais com conteúdos adequados à aprendizagem feita em aulas com maior componente teórica e teórico-prática. As metodologias são aplicadas com a flexibilidade necessária ao conhecimento anterior dos estudantes, de modo a colmatar as eventuais lacunas e permitir uma continuidade da aquisição de conhecimentos.

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

The teaching and learning methodologies followed in the study plan and which were developed by the teachers associated with each discipline, based on their knowledge in the area and their teaching experience, stimulate students in the acquisition of information and knowledge, in a critical reflection and in the diversity of scientific and technological techniques in this area. This contributes to achieving the objectives of the curricular units of the study plan by reinforcing the learning of the contents and the capacities of the practical exercise of the respective competences, in laboratory classes with content appropriate to the learning done in classes with a greater theoretical and theoretical-practical component. The methodologies are applied with the necessary flexibility to the students' previous knowledge, in order to fill any gaps and allow a continuity of knowledge acquisition.

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

Neste processo serão auscultados o corpo docente e estudantes do curso, através de reuniões realizados quer com docentes quer com estudantes e a partir de inquéritos realizados aos estudantes, considerando que a percentagem das horas totais de trabalho a que corresponde o número de horas de contacto depende da área científica, da existência ou não de aulas práticas ou de outra tipologia (como seminários, por exemplo) e do nível de formação da unidade curricular.

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

In this process, the teachers and students of the course will be consulted, through meetings held with both teachers and students and through surveys made to the students, considering that the percentage of total work hours corresponding to the number of contact hours depends on the scientific area, the existence or not of practical classes or other type of classes (such as seminars, for example) and the level of training of the course.

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:

Serão auscultados os alunos e docentes de cada unidade curricular em reuniões promovidas entre as coordenações de cursos, docentes e alunos. Estas reuniões serão realizadas semestralmente. Serão também analisados os resultados dos inquéritos pedagógicos obtidos na avaliação das diferentes disciplinas, sendo feitos eventualmente ajustes nos processos de avaliação e ensino, sempre que isso se revele necessário. O contacto informal, ao longo de cada semestre, quer por parte dos alunos, quer por parte dos docentes com os coordenadores de curso, permitirá corrigir eventuais falhas no processo de avaliação/aprendizagem que, mais uma vez, se considerem relevantes.

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

The students and teachers of each course unit will be listened to in meetings promoted between the coordination of the LEF, teachers and students. These meetings will be held every six months. The results of the pedagogical surveys obtained in the evaluation of the different disciplines will also be analyzed, with eventual adjustments being made to the evaluation and teaching processes, whenever this proves necessary. Informal contact, throughout each semester, either by students or by teachers with course coordinators, will make it possible to correct any flaws in the assessment / learning process if considered relevant.

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

Os docentes e colaboradores neste ciclo de estudos estão envolvidos em projetos científicos em áreas variadas de Física Aplicada e Engenharia e os alunos da LEF, estando a completar um nível de formação básica têm contacto com estas áreas de investigação e também com indústria principalmente durante os estágios de verão, altura em que as diferentes entidades propõem projetos para a realização destes estágios, adequando os mesmos aos diferentes estágios de aprendizagem. Também nas disciplinas laboratoriais mais avançadas, há contato com os laboratórios de

investigação dos diferentes departamentos envolvidos na leção deste ciclo.

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

The teachers and investigators involved in this study cycle have collaborations with several national and international investigation centers in the Physics and Engineering Physics area and the LEF students have contact with these experiences and industry mainly in the summer internships, proposed by the different institutions, that adequate the internship level to the students' knowledge and skill and in the more advanced laboratory classes, where there is contact with the investigation groups of the teachers involved in the course.

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:

Nos termos do disposto no número 1 do artigo 9º do Decreto-Lei n.º 74/2006 de 24 de março, alterado pelo Decreto-Lei nº65/2018, de 16 de agosto, "o ciclo de estudos conducente ao grau de Licenciado tem 180 a 240 créditos e uma duração normal compreendida entre seis a oito semestres curriculares de trabalho dos alunos". Tendo por base este artigo, decidiu-se que a Licenciatura será em regime semestral, com a duração de 6 semestres letivos, num total de 180 ETCS. Esta escolha vai ao encontro da estrutura curricular prevista para os demais cursos de Licenciatura do Departamento de Física e da generalidade dos cursos de Licenciatura da FCTUC, o que permite uma otimização dos recursos materiais e humanos (corpo docente), bem como a partilha de unidades curriculares com os referidos cursos.

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:

Following the provisions of paragraph 1 of article 9 of Decree-Law no. 74/2006 of March 24 "the cycle of studies leading to the Graduate degree has 180 to 240 credits and a normal duration comprised between six and eight curricular semesters of student work ". Based on this article, it was decided that the Bachelor/Graduation program will be organized in semesters, with a duration of 6 academic semesters, with a total of 180 ETCS. This choice is in line with the curricular structure of the other Graduation courses of the Department of Physics and most of the Graduation programs of FCTUC, which allows an optimization of the material and human resources (faculty staff), as well as the sharing of curricular units with those programs.

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

Utilizaram-se os resultados dos inquéritos pedagógicos, levados a cabo pela Universidade de Coimbra, e a troca de impressões tida em contextos informais estabelecidos entre docentes e estudantes no âmbito dos primeiros ciclos dos Mestrados Integrados em Engenharia Física e Engenharia Biomédica para obter a adequação do número de ECTS das unidades curriculares.

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

The results of the pedagogical surveys, carried out by the University of Coimbra, and the informal contacts established between teachers and students in the scope of the Integrated Masters in Engineering Physics and Biomedical Engineering were used to obtain the appropriate ECTS credits of each course.

4.7. Observações

4.7. Observações:

Para obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Física (LEF) é necessário completar 180 ECTS. A par de disciplinas de base em Física clássica e moderna, o aluno tem, durante o seu percurso e em todos os anos da licenciatura, disciplinas laboratoriais, que lhe permitem um contacto com aplicações práticas dos assuntos lecionados, aumentando-se gradualmente a autonomia do aluno, e no último ano é fomentado o contacto dos alunos nestas disciplinas com os laboratórios de investigação. Estão envolvidos na leção outros departamentos da FCTUC para além do Departamento de Física, nomeadamente nas áreas de engenharia informática e eletrotécnica e na área de gestão, permitindo ao aluno uma formação abrangente em engenharia, para além da formação forte em Física. O último ano da licenciatura inclui a disciplina de Projeto e Conceção de Instrumentos (6 ECTS) no sexto semestre, com características de projeto integrador, refletindo a formação multidisciplinar obtida nesta Licenciatura. Decorre em ambiente de laboratório, tendo o aluno que completar um projeto em grupo ou individual, de forma autónoma e aplicando os conhecimentos obtidos ao longo dos anos anteriores.

A Licenciatura em Engenharia Física não inclui estágio, mas estão disponíveis estágios de verão, de frequência

voluntária, em unidades de investigação e empresas, para os alunos interessados em aprofundar os seus conhecimentos em áreas específicas.

4.7. Observations:

To obtain the bachelor degree in Engineering Physics the student has to complete 180 ECTS. Together with Physics courses, both classical and modern, the student has all along this study cycle, laboratory subjects, that allow him to get acquainted with practical applications of the subjects studied. The student's autonomy increases gradually along the study cycle and in the last year the contact with the investigation laboratories of the department is encouraged. In the bachelor study cycle are involved other departments of the FCTUC, namely in the areas of computation and electronics engineering and in the area of management, establishing a broad student profile in engineering. The last semester comprises the subject "Project and Conception of Instruments" (6ECTS), a multidisciplinary project, where the student has to apply the knowledge acquired in the previous semesters in an autonomous way.

The bachelor degree in Engineering Physics does not include internships but summer internships of 2-3 months are available on research units or industrial companies for the students that are interested in deepening their knowledge in specific areas.

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.

Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares
António Adriano Castanhola Batista

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
Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Tecnológica	100	Ficha submetida
João Carlos Lopes de Carvalho	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Manuel Joaquim Baptista Fiolhais	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Fernando Manuel da Silva Nogueira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Vitali Iourievitch Tchepel	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Physics and Mathematics	100	Ficha submetida
Liliana Maria Pires Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física da Radiação	100	Ficha submetida
José Paulo Pires Domingues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física na especialidade de Física Tecnológica	100	Ficha submetida
Pedro Fernando Simões Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Joaquim Marques Ferreira dos Santos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Jorge Afonso Cardoso Landeck	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física, Instrumentação	100	Ficha submetida
Carlos Manuel Baptista Fiolhais	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física Teórica	100	Ficha submetida
João Manuel Rendeiro Cardoso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física - ramo de Física Tecnológica	100	Ficha submetida

Maria Helena Almeida Vieira Alberto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
José António de Carvalho Paixão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física do Estado Sólido	100	Ficha submetida
Francisco Amaral Fortes de Fraga	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física da Radiação	100	Ficha submetida
Fernando Davide de Sousa Caldeira Sampaio dos Aídos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Teórica	100	Ficha submetida
José Lopes Pinto da Cunha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física de Altas Energias	100	Ficha submetida
Francisco Paulo de Sá Campos Gil	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Manuela Ramos Marques da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Jose Basilio Portas Salgado Simoes	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física Tecnológica	15	Ficha submetida
Marco Alexandre Cravo Gomes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica (especialidade de Optimização e Teoria dos Sistemas)	100	Ficha submetida
João Pedro de Almeida Barreto	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
César Alexandre Domingues Teixeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrónica e Computação (Especialidade: Processamento de Sinal Biomédico)	100	Ficha submetida
João Miguel Dias Ferreira Nogueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática Pura	100	Ficha submetida
Joana Margarida Mavigné de Andrade Alves de Sousa Nunes da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Ana Paula Cruz Escada	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Rui Fausto Martins Ribeiro da Silva Lourenço	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Mário Túlio dos Santos Rosado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Química	100	Ficha submetida
Ana Cristina Faria Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Electroquímica	100	Ficha submetida
Ana Luisa Sousa Pinto	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Psicologia das Organizações, do Trabalho e dos Recursos Humanos	100	Ficha submetida
João Eduardo da Silveira Gouveia	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Adérito Luís Martins Araújo	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Applied Mathematics	100	Ficha submetida
Dmitry Vorotnikov	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática	100	Ficha submetida
Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	CTC da Instituição proponente	Física	100	Ficha submetida
António Adriano Castanhola Batista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Doutoramento em Física Tecnológica	100	Ficha submetida

3615

<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.

36.15

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:	36	99.585062240664

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):	36.15	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	26.15	72.337482710927
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0

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

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
---	-----------	----------------------------

Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	36	99.585062240664	36.15
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	36.15

Pergunta 5.5. e 5.6.

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

O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra”. A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas.

O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação). O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.

Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.

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

The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “UC’s Regulation for Teacher Performance Evaluation”. This regulation establishes the mechanisms to identify the teacher performance goals for each evaluation period. It clearly states the institution’s vision across its different levels and simultaneously outlines a clear reference board to value the teachers’ activities with the goal of improving their performance. At UC teachers’ performance evaluation is carried out over three-year periods and takes into account four pillars: research; teaching; knowledge transfer and enhancement; university management and other tasks.

Before a new evaluation cycle, each OU identifies for its subject areas a set of parameters that define the new teacher performance goals and their components, thus ensuring the continuous updating of this process.

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.

No Departamento de Física, responsável por coordenar a Licenciatura em Engenharia Física, o quadro de pessoal não docente tem 10 funcionários em regime de dedicação exclusiva. Todos eles estão afetos aos ciclos de estudos lecionados no DF, que incluem a LEF

As aulas da Licenciatura em Engenharia Física (LEF) têm lugar em 7 departamentos da FCTUC e ainda na Faculdade de Medicina. Em cada um destes locais existe pessoal não docente que dá apoio às aulas da LEF.

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

In the Department of Physics, responsible for coordinating the LEF, non-teaching staff includes 10 employees under permanent contract: a PhD holder, 2 graduates, three with 12th grade, and the remaining four with qualifications lower than the 12th grade. They are all assigned to the study cycles coordinated by the DF, which include the LEF.

The Bachelor in Engineering Physics (LEF) classes take place in 7 departments of FCTUC and in the Faculty of Medicine. In each of these departments there is nonacademic staff that supports LEF classes.

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

Do conjunto de 10 não docentes do Departamento de Física as suas qualificações são:

- um doutorado;

- 2 licenciados;
- três com o 12.º ano de escolaridade
- 4 com qualificações inferiores ao 12º ano de escolaridade.

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

The 10 members of the non-academic staff of the Physics Department have the qualifications:

- 1 PhD;
- 2 graduates;
- 3 with 12th grade of secondary school
- 4 with qualifications lower than the 12th grade of the secondary school.

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

A Universidade de Coimbra garante uma avaliação do desempenho do seu pessoal não docente de acordo com o disposto na lei que rege o SIADAP que adotou o método de gestão por objetivos, estabelecendo uma avaliação do desempenho baseada na confrontação entre objetivos fixados e resultados obtidos. O processo de avaliação é bienal e concretiza-se em reuniões com o avaliador, superior hierárquico imediato, para negociação e contratualização dos objetivos anuais e para comunicação dos resultados da avaliação; e no preenchimento de um formulário de avaliação. A avaliação visa identificar o potencial de desenvolvimento do pessoal e diagnosticar necessidades de formação. Para a aplicação do SIADAP, o processo é supervisionado pela Comissão Paritária e pelo Conselho Coordenador da Avaliação.

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

The University of Coimbra guarantees a performance evaluation of its nonteaching staff in accordance with the provisions of the law that governs the SIADAP that adopted a method of management by objectives, establishing a performance evaluation based on the comparison between established objectives and the obtained results. The evaluation process is biennial and takes place: in meetings with the evaluator, immediate hierarchical superior, for negotiation and contracting of the annual objectives and for communication of the results of the evaluation; and completing an evaluation form. The evaluation aims to identify the staff development potential and to diagnose training needs. For the SIADAP implementation, the process is overseen by the Joint Committee and the Evaluation Coordinating Council.

7. Instalações e equipamentos

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

A maioria das aulas da LEF terão lugar no Departamento de Física onde existem 1 auditório, 2 anfiteatros, 9 salas de aulas, 3 salas de computadores e 9 laboratórios didáticos (Engenharia Biomédica; Eletrónica; Física Moderna; Física Nuclear e da Radiação; Mecânica; Termodinâmica; Eletromagnetismo, Ondas e Ótica; Ótica e Fotónica Avançada). Os alunos utilizarão ainda salas de aulas e laboratórios didáticos dos Departamentos de Matemática, Química, Ciências da Vida, Eng. Eletrotécnica e de Computadores, Eng. Informática e Eng. Química e da Faculdade de Medicina. Os estudantes terão acesso livre às tecnologias de informação (Eduroam, Biblioteca de conhecimento online b-On, repositório “Estudo Geral”, licença de campus Matlab), às bibliotecas da UC, como a Biblioteca de Física e Química e a Biblioteca das Ciências da Saúde, e ao Centro Ciência Viva Rómulo de Carvalho.

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

Most of the LEF classes will take place in the Department of Physics where there are available 1 auditorium, 2 amphitheatres, 9 classrooms, 3 computer rooms and 9 didactic labs (Biomedical Engineering; Electronics; Modern Physics; Nuclear and Radiation Physics; Mechanics; Thermodynamics; Electromagnetism, Waves and Optics; Advanced Optics and Photonics).

The students will also use classrooms and didactic labs from the Departments of Mathematics, Chemistry, Life Sciences, Electrical and Computer Eng., Informatics Eng. and Chemical Eng. and the Faculty of Medicine.

The students will have free access to information technologies (Eduroam, Online Library of Knowledge b-On, “Estudo Geral” repository, Matlab campus license), to the UC libraries, namely the Library of Physics and Chemistry and the Library of Health Sciences, and to the Ciência Viva Center Rómulo de Carvalho.

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

Computadores em salas de aulas e laboratórios didáticos na FCTUC e na FMUC, projetores de vídeo em todas as salas.

Kits Ótica Ondulatória (Difração, Aberrações, Polarização, Eletro-Ótica, Interferência e Holografia); Ótica de Fourier; Lasers (diodo, Nd:YAG, Q-Switch, He-Ne, fibra de Érbio); Comunicações óticas. Espectrómetros; Experiência de e/m do eletrão; Kit de eletrostática e ótica básica; Lâmpadas espectrais; Placas 3-D Magnetic Field Demo. Câmaras CCD; Experiências: Efeito Fotoelétrico, Raio-X, Difração de Eletrões, Efeito de Zeeman, de Franck-Hertz, de Millikan, Ressonância de Spin Eletrónico, Corpo Negro; Microscópio de Efeito de Campo. Sistemas de Aquisição de Dados Biomédicos BioPac com todos os acessórios. Sistemas de desenvolvimento para microcontroladores: PIC; Arduino Postos de trabalho de eletrónica (osciloscópio e multímetro digital, gerador de ondas, fonte de alimentação). Rede wireless da UC Equipamento dos Centros de Investigação associados.

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

Main equipment:

Computers in classrooms and didactic labs in FCTUC and FMUC, video projectors in every classroom Wave optics kits (Diffraction, Aberrations, Polarization, Electro-Optics, Interference and Holography); Fourier Optics; Lasers (diode, Nd:YAG, Q-Switch, He-Ne, Erbium fiber); Optical communications. Spectrometers; Electron e/m experiment; Basic optics and electrostatics kit; Spectral lamps; 3-D Magnetic Field Demo. CCD cameras; Experiments: Photoelectric effect, X-Ray, Electron diffraction, Zeeman effect, Franck-Hertz's, Millikan's, Electron Spin Resonance, Blackbody; Field effect microscope. Biomedical data acquisition systems BioPac with all accessories. Development systems for microcontrollers: PIC; Arduino Electronics workplaces (oscilloscope, digital multimeter, wave generator, dual power supply) UC Wireless network Equipment from the associated Research Centers

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
Centro de Matemática da Universidade de Coimbra (CMUC)/ Center for Mathematics of the University of Coimbra	Excelente/Excellent	Universidade de Coimbra/University of Coimbra	6	-
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)/Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra/Univ. Lisboa/ Univ. Minho	4	-
Centro de Física da Universidade de Coimbra (CFisUC)/Centre for Physics of the University of Coimbra	Muito bom/Very Good	Univ. Coimbra	11	-
Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física das Radiações (LIBPhys)/Laboratory for Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics	Muito bom/Very Good	Univ. de Coimbra Univ. Nova Lisboa Univ. de Lisboa	4	-
Instituto de Telecomunicações (IT)/Telecommunications Institute	Muito bom/Very Good	Univ. de Coimbra Univ. Aveiro Univ. de Lisboa	1	-
Instituto de Sistemas e Robótica de Coimbra (ISR-UC)/Institute of Systems and Robotics	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	1	-
Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra (CISUC)/Centre for Informatics and Systems of the University of Coimbra	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	1	-

Centro de Química da Universidade de Coimbra (CQUC)/Chemistry Center of the University of Coimbra	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	2	-
Instituto de Biosistemas e Ciências Integrativas (BioISI)/Biosystems and Integrative Sciences Institute	Excelente/Excellent	Univ. Lisboa	1	-
Instituto de Imagem Biomédica de Coimbra/Coimbra Institute for Biomedical Imaging and Translational Research (CIBIT)	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	1	-
Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra - INESC/Institute of Systems Engineering and Computers of Coimbra	Bom	Univ. Coimbra/ IP Leiria	1	-
Centro de Investigação em Economia e Gestão/Centre for Business and Economics Research - CeBER	Muito Bom/Very Good	Univ. Coimbra	1	-

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/3b423e8c-1a11-cc51-8a6f-5e8531448bf5>

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/3b423e8c-1a11-cc51-8a6f-5e8531448bf5>

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.

Os docentes e colaboradores neste ciclo de estudos estão envolvidos em projetos com o ABILI, ICBR e ICNAS na área da instrumentação optoelectrónica e no desenvolvimento de detetores de radiação para aplicações médicas, com o CERN através da participação em várias colaborações tais como a experiência ATLAS e experiência SHiP, com a ESA e NASA, participando na experiências AHEAD2020 e AMEGO, com a Universidade de Valência através da experiência NEXT, com o ESRF, PSI, Weizman Inst. nas áreas de desenvolvimento de detetores para FAE, RX, PET, bem como a participação em experiências de “dark matter”, como por exemplo a experiência LZ. Existem também colaborações com o Instituto de Telecomunicações na área de tecnologias quânticas, com o INL na área de nanomateriais e com empresas na área da gestão de energia (VPS), da aeroespacial (Active Space), e com a indústria 4.0 (Bosch).

Exemplos de alguns projetos financiados pela FCT e outras entidades europeias são:

- PTDC/BIA-CEL/31743/2017 *AngioDia: Modelação de Angiogénese na Diabetes Mellitus Tipo 2 – integrando abordagens experimentais e teóricas*
- PTDC/NAN-MAT/30178/2017 *Desenvolvimento de novas metodologias para a deteção de neutrões térmicos: uso de nano aerossóis, coloides e suspensões como meio de conversão em câmaras de ionização*
- PTDC/FIS-AQM/29611/2017 *Espetroscopia laser da estrutura hiperfina do hidrogénio muónico no âmbito da colaboração CREMA*
- PTDC/EMD-TLM/30295/2017 *Imagiologia de detetor de pixel único para medições de tempo de vida de fosforescência em marcadores biomédicos*
- PTDC/FIS-MAC/29696/2017 *Desenvolvimento de materiais dielétricos inovadores para passivação de interfaces em células solares baseadas em filmes finos*
- PTDC/FIS-MAC/32229/2017 *Desenho inverso de materiais recorrendo a métodos de primeiros princípios de alto desempenho*
- PTDC/EMD-EMD/32162/2017 *ElastoOCT – Elastografia de Coerência Óptica para imagiologia das propriedades mecânicas da retina”*
- H2020 project AHEAD2020 (Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain), ref: INFRAIA-01-2018-2019, nº 871158;
- Missão AMEGO da NASA+ESA (<https://asd.gsfc.nasa.gov/amego/index.html>)

Os alunos da LEF, estando a completar um nível de formação básica têm contacto com estas áreas de investigação e indústria principalmente durante os estágios de verão, altura em que as diferentes entidades propõem projetos para a realização destes estágios, adequando os mesmos aos diferentes estágios de aprendizagem.

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.

The teachers and investigators involved in this study cycle have collaborations with several national and international investigation centers, like AIBILI, ICBR and ICNAS in the area of optoelectronics instrumentation and radiation

detectors for medical applications, CERN, namely as part of the ATLAS and SHiP experiences, ESA and NASA, through the AHEAD2020 and AMEGO projects, with the IFIC in Valência due to their participation in NEXT project and with ESRF, PSI; Weizmann Institute in the area of detector development for HEP, RX, PET and also the participation in the search for dark matter experiments, as the LZ one. Protocols with industry also exist, namely in the area of energy efficiency (VPS), aerospace technology (Active Space), and with 4.0 industry (Bosch).

Some examples of projects financed by FCT and European entities are:

- PTDC/BIA-CEL/31743/2017 AngioDia: Modeling Angiogenesis in Type 2 Diabetes Mellitus - integrating experimental and theoretical approaches
- PTDC/NAN-MAT/30178/2017 Development of novel approaches for thermal neutron detection: the use of nanoaerosols, colloids and suspensions as conversion medium in ionization chambers
- PTDC/FIS-AQM/29611/2017 Laser spectroscopy of the muonic hydrogen hyperfine splitting by the CREMA collaboration
- PTDC/EMD-TLM/30295/2017 Single Pixel Imaging for phosphorescence lifetime measurements in biomedical markers.
- PTDC/FIS-MAC/29696/2017 Development of innovative nanostructured dielectric materials for interface passivation in thin film solar cells
- PTDC/FIS-MAC/32229/2017 High-throughput ab-initio inverse design of materials
- PTDC/EMD-EMD/32162/2017 ElastoOCT – Optical Coherence Elastography for imaging retina mechanical properties

- H2020 project AHEAD2020 (Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain), ref: INFRAIA-01-2020-2019, n.º 871158;

- AMEGO mission, NASA+ESA (<https://asd.gsfc.nasa.gov/amego/index.html>)

The LEF students have contact with these experiences and industry mainly in the summer internships, proposed by the different institutions, that adequate the internship level to the students' knowledge and skill.

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:

Este curso constitui o primeiro passo na formação de base de um Engenheiro Físico no processo de aquisição de competências definidas pelos descritores de Dublin. Os seus licenciados deverão ter adquirido conhecimentos na área de Física e ter a capacidade de resolver problemas que lhes surjam nessa área e a capacidade de argumentar a sua resolução. Devem também conseguir comunicar informação, ideias, problemas e soluções, tanto a públicos constituídos por especialistas como não especialistas, para além da capacidade de autoaprendizagem nesta área com alguma autonomia.

No entanto, o grau de licenciado deve ser encarado como um estágio intermédio no processo profissionalizante, sendo o sector alvo de empregabilidade a indústria e serviços técnicos na investigação nesta área.

A taxa oficial de desemprego do anterior mestrado integrado era de 3.6%, embora correspondendo apenas a 2 diplomados formados entre 2013-2018 registados no IEFP.

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

This course is the first step in the training process of Engineering Physics concerning the acquisition of skills defined by the Dublin descriptors. The graduates should have acquired knowledge in the physics area and should have the skills to solve problems of this area of knowledge, as well as the capacity to argue about their resolution. They should also have acquired the capacity of communicating both with experts and non-experts of this field and the ability to learn new concepts by themselves with good autonomy.

Nevertheless, the bachelor degree should be faced as an intermediate stage in the professionalizing process, with technical jobs in the research area and in industry as the main employers. The current official unemployment rate for this course 3.6%, although referring to only 2 graduates in the 2013-2018 period registered at IEFP.

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

A experiência acumulada do Mestrado Integrado, permite antecipar uma procura significativa, sendo expectável que a totalidade das vagas seja preenchida, tal como tem acontecido nos últimos anos, apesar do n.º de vagas ter vindo a aumentar. Na 1ª fase de candidaturas ao MIEF, nos últimos 3 anos, o n.º de candidatos subiu 44%, a percentagem dos colocados em 1ª opção subiu de 51% para 78% entre 2017 e 2018. A média das notas dos candidatos colocados está nos níveis mais elevados da FCTUC e aumentou de ~161/200 para ~169/200 entre 2017 e 2018, pelo que não é expectável que o perfil de admissão seja alterado. A maioria dos alunos são da região Centro (Coimbra, Leiria e Castelo Branco), estendendo-se também ao Sul (Lisboa e Faro). A percentagem de estudantes estrangeiros é apenas 2%, mas espera-se que venha a aumentar. Tem sido um dos cursos da FCTUC mais procurados por estudantes internacionais e foi aumentado o n.º de vagas de 32 para 45 por esta razão.

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

Based on the experience with the Integrated Master degree, it is anticipated that this course will have a strong demand

and that the total number of places will be filled. This has happened in the last years, although the number of vacancies has increased. In the last 3 years, the number of candidates increased 44% in the first call, with the percentage of 1st choice increasing from 51% to 78%. This course is among the ones with the highest admission grade of FCTUC having reached in 2017 and 2018, the mean grade of 161/200 and 69/200 and it is not expected significant changes in the admission profile. The recruitment basis focuses mainly on the Centro region (Coimbra, Leiria and Castelo Branco), but also on the south region (Lisbon and Faro). The percentage of foreign students is only 2%, but this value should increase in the coming years, since the course highly required by international students and so an increase in the number of admissions (32 to 45) was recently asked for.

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

Não existem parcerias formais com outras Instituições de Ensino Superior da Região.

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

There are no partnerships with other High Education Institutions in the region.

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:

Tal como na elaboração do plano de estudos do mestrado integrado anterior, foram consultados durante a elaboração deste curso, os planos de estudo de cursos de Engenharia Física e de Física Aplicada e Física Tecnológica, quando estes especificassem claramente a sua pretensão de formar engenheiros. Incluímos, nesta lista, dez das escolas de engenharia mais prestigiadas no mundo, nomeadamente, Carnegie Mellon University (CMU), Ecole CentraleSupélec, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Georgia Institute of Technology (Georgia Tech), Imperial College London (IC), Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm (KTH), Massachusetts Institute of Technology (MIT), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen) e Technische Universiteit Delft (TU Delft).

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

As done with the previous master degree course, different Engineering Physics courses, and also Technological Physics and Applied Physics courses when explicitly referring to the formation of engineers, were consulted. Special attention was paid to the most prestigious engineering schools in the World, namely Carnegie Mellon University (CMU), Ecole CentraleSupélec, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Georgia Institute of Technology (Georgia Tech), Imperial College London (IC), Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm (KTH), Massachusetts Institute of Technology (MIT), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen) e Technische Universiteit Delft (TU Delft).

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

As áreas de competências genéricas cobertas neste curso são semelhantes às dos cursos referidos acima, nomeadamente uma formação básica em física clássica e moderna, em matemática, computação e eletrónica. São ainda lecionadas disciplina em áreas mais genéricas de engenharia. O estudante da UC, tal como destas IES estrangeiras no final da LEF fica habilitado a executar tarefas simples de engenharia física, tais como, trabalho técnico onde aplique os conhecimentos adquiridos eletrónica, componentes óticos, sensores variados, programação simples, exposição de temas sobre a área de física a não especialistas, entre outros. Devem ter também a capacidade de aprofundar temas da área, tendo por base os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

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

The general skills covered by the course are the same as those in the courses referred above, namely providing basic formation in classical and modern physics, mathematics, computation and electronics. Also some more generic engineering subjects are given to the students. The UC student, as those from the similar foreign institutions referred to above, will be able to perform simple tasks in engineering physics, for example in technical work with electronic circuits, optical components, control of different sensors, programming and should also be able to communicate with specialists and non-specialists of the area of physics engineering. They will also have the ability to consult and study more advanced issues, based on the knowledge acquired during the course.

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:

- *Departamento de Física (DF) com centros de investigação em Física e Engenharia, cuja atividade se estende já por várias décadas, com elevado prestígio internacional e excelente produtividade científica.*
- *O DF é responsável pela coordenação de prestigiados cursos de Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica, com todas as vagas preenchidas nos últimos anos, com médias de admissão, no caso da Engenharia Física, rondando os 15 valores.*
- *Corpo docente de elevado mérito, com um registo excelente de investigação.*
- *Colaboração com diversas empresas e laboratórios de investigação, nomeadamente nos estágios de verão.*

12.1. Strengths:

- *Department of Physics (DF) with research centres in the areas of physics and engineering whose activities spans over several decades, with high international recognition and excellent scientific productivity.*
- *DF is responsible for the coordination of the programs of Physics, Physics Engineering and Biomedical Engineering, with all their positions filled in the past years, with admitted students with average scores of about 15/20.*
- *High merit academics with excellent research track.*
- *Close collaboration with several industries and research laboratories, namely in the offer of summer internships for the students.*

12.2. Pontos fracos:

- *Envelhecimento do corpo docente da Universidade de Coimbra, com idade média acima de 50 anos.*
- *Dispersão das aulas da licenciatura por vários departamentos da FCTUC.*
- *muitos docentes envolvidos na lecionação das disciplinas da licenciatura não desenvolvem atividades de investigação na área da Engenharia.*

12.2. Weaknesses:

- *Clear ageing of academic staff on the University of Coimbra, with average age above 50 years.*
- *The LEF program involves classes in almost all Departments of FCTUC.*
- *some teachers involved in the teaching of undergraduate subjects, do not develop research activities in the engineering area.*

12.3. Oportunidades:

A crescente procura dos alunos pela área da Física, nomeadamente da Engenharia Física ou Física Tecnológica, considerada uma área de formação prioritária para o País, patente nas médias de entrada a nível nacional nestes cursos, tem-se refletido também na qualidade dos alunos que têm entrado no anterior mestrado integrado. Isto continuará nos alunos que se vão candidatar à LEF. Estes alunos serão mais facilmente profissionais de sucesso, aumentando o conhecimento dos empregadores relativamente a esta área de formação.

12.3. Opportunities:

The growing interest of the students in this area, namely Engineering Physics and Technological Physics, which has been considered in the last years as one of the priority formation areas in Portugal, is clearly visible in the level of students that applies to the courses of this area at a national level. The previous integrated master also reflected this effect with increasing number of candidates each year and with higher appliance grades. These students will tend to be more successful professionals, increasing the interest and knowledge of employers in this formation area.

12.4. Constrangimentos:

- *A zona centro é fracamente industrializada, o que tem dificultado o contacto externo com empresas de maior dimensão, sendo mais frequente o contacto com laboratórios de pesquisa, de desenvolvimento e pequenas empresas.*
- *Aumento da atratividade das universidades localizadas nas zonas metropolitanas de Lisboa e do Porto.*
- *Redução da taxa de natalidade em Portugal e na Região Centro com impacto na redução da procura do ensino superior.*

12.4. Threats:

- *The central region is weakly industrialized, and consequently the external contact and collaboration is somewhat limited to research and development laboratories and small industries, being more difficult with larger industrial facilities.*
- *Increasing attractivity of universities located in the metropolitan areas of Lisbon and Porto.*
- *Decrease of the birth rate in Portugal and, in particular, in the Centre Region, resulting in a lower number of students seeking admission at the universities*

12.5. Conclusões:

Da análise SWOT resulta claramente que existe uma conjuntura que resulta em oportunidades que justificam a existência da licenciatura em Engenharia Física. Enquanto Mestrado Integrado tem havido uma procura crescente por parte dos alunos, nomeadamente com estatuto de internacionais, com uma média de entrada que tem vindo a subir consistentemente, refletindo uma melhor qualidade e um interesse maior dos alunos por esta área, o que permite antever a continuação do sucesso da aposta do DF nos graus da área da Engenharia Física.

A licenciatura em EF é coordenada pelo Departamento de Física (DF) da UC. O DF tem uma já longa história de investigação e desenvolvimento na área da Instrumentação, Física da Radiação e dos Detetores, Física do Estado Sólido e Materiais e mais recentemente também na área de Biomédica. Para além da EF, o DF é ainda responsável pela coordenação dos cursos de Física e Engenharia Biomédica. No entanto, a licenciatura, tal como o mestrado, é naturalmente aberta aos outros departamentos da faculdade, permitindo uma maior diversidade e qualidade do seu corpo docente, com a participação de elementos de grande parte dos departamentos da Faculdade de Ciências e Tecnologia, conferindo-lhe multidisciplinaridade, que permite a preparação dos alunos para a profissão em áreas variadas. Deste modo, os alunos são preparados para a prossecução dos estudos num mestrado, que será preferencialmente o Mestrado em Engenharia Física, embora outras oportunidades sejam possíveis.

A coordenação ausculta regularmente empresas e laboratórios com as quais colabora, bem como com antigos alunos, de forma a recolher informação sobre o desempenho dos ciclos de estudos. É organizada uma reunião anual entre a coordenação do curso e os estudantes, onde são debatidos problemas e assuntos relacionados com o funcionamento do curso de Engenharia Física, com o objetivo de melhorar continuamente a qualidade do ensino e corrigir algumas falhas. Será feito um reforço, junto dos muitos docentes envolvidos na lecionação das disciplinas da licenciatura, do conhecimento dos objetivos deste ciclo de estudos uma vez que nem todos desenvolvem atividades de investigação na área da Engenharia.

12.5. Conclusions:

From the SWOT analysis it is clear that the opportunities justify the continuity of the graduation in Engineering Physics, now converted into a bachelor and MSc degree. In fact, the previous integrated MSc degree had a growing demand from students in the last decade, with constantly higher marks, originating more interested students and with a better learning quality. This allows us to predict that the bachelor in Engineering Physics will continue to succeed, although there are similar courses in other universities in the country.

The graduation in EF is coordinated by the Physics Department (DF) of UC. DF has a long history of research and development in the fields of Instrumentation, Radiation Physics and Detectors, Solid State Physics and Materials Science and more recently also in the field of Biomedical Engineering. In addition to EF, the DF is also responsible for coordinating Physics and Biomedical Engineering courses. Nevertheless, this graduation is naturally open to other departments and so the diversity and quality of the teaching staff, with elements from most departments of the Faculty of Science and Technology gives it a multidisciplinary character and prepares students for effective contact with professionals from different fields. This way the students are prepared to continue their studies in a MSc degree, preferentially in Engineering Physics, although other possibilities are available.

The EF coordination regularly queries external companies and laboratories with which it cooperates, as well as with former students that are already working, to gather information on the performance of the ongoing study cycles. Also, an annual meeting is organized, involving the course coordination and the present students, where issues related to the operation of the Engineering Physics course are discussed, with the aim of continuously improve the course. It will be reinforced, among the many professors involved in the teaching of undergraduate subjects, the knowledge of the objectives of this study cycle since not all of them develop research activities in the engineering area.