

# NCE/19/1901140 — 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:  
*Mestrado em Engenharia Física*

1.3. Study programme:  
*Master in Engineering Physics*

1.4. Grau:  
*Mestre*

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:  
*120*

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

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

**1.9. Número máximo de admissões:**

60

**1.10. Condições específicas de ingresso.**

*Primeiro ciclo em Engenharia Física, Engenharia Física e Tecnológica ou área afim, ou ser detentor de um currículo escolar, científico ou profissional que a coordenação do curso reconheça como suficiente para atestar a capacidade para a realização deste ciclo de estudos.*

**1.10. Specific entry requirements.**

*First cycle in Engineering Physics or related area, or to hold a learning, scientific or professional curriculum that the Program Coordination recognizes as sufficient to attest the ability to complete this cycle of studies.*

**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:**

*Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia e Faculdade de Medicina.*

**1.12. Premises where the study programme will be lectured:**

*University of Coimbra, Faculty of Science and Technology and Faculty of Medicine.*

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

[1.13\\_Regulacao\\_Creditacao\\_Formacao\\_Anterior\\_Experiencia\\_Profissional\\_UC.pdf](#)

**1.14. Observações:**

*Para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Física (MEF) é necessário completar 120 ECTS, incluindo a elaboração e defesa pública de um Projeto original de Mestrado. O Projeto deve resultar de um trabalho de investigação, refletindo a formação obtida neste Mestrado. Pode decorrer em ambiente industrial ou académico (em laboratórios e centros de investigação, ligados ou não a Universidades), em contexto de investigação ou de inovação de carácter aplicado. Em qualquer dos casos existe sempre um orientador ligado à Universidade de Coimbra. Em todas as circunstâncias o Projeto será orientado para um tema de investigação científica na área da Engenharia Física, seja a melhoria da solução existente para um problema identificado ou uma aplicação prática inovadora nesta área. O Mestrado 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 ou em contactar com a realidade do mundo profissional.*

**1.14. Observations:**

*To obtain a Master's Degree in Engineering Physics (MEF) it is necessary to complete 120 ECTS, including the preparation and public defense of an original Master's Project. The Project should result from research work, reflecting the training obtained in this Master's Degree. It can be carried out in an industrial or academic environment (in laboratories and research centers, linked or not to Universities), in a research or innovation context of applied character. In any case there is always a supervisor connected to the University of Coimbra. In all circumstances, the Project will be oriented to a scientific research topic in Engineering Physics, that can either be the improvement of an existing solution to an identified problem or an innovative practical application in this area. The Master in Engineering Physics does not include internships but just summer internships, with voluntary attendance, available on research units and industry for students interested in deepening their knowledge in specific areas or to contact with the professional world.*

## 2. Formalização do Pedido

Mapa I - Conselho Científico da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Científico da Faculdade de Ciências e Tecnologia 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.\\_ActaCC\\_FCTUC\\_18\\_12\\_2019.pdf](#)

**Mapa I - Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra**

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Pedagógico da Faculdade de Ciências e Tecnologia 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.\\_Extrato\\_ataCP\\_FCTUC\\_20200415\\_signed\\_100k.pdf](#)

**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.\\_78\\_Eng\\_Fisica\\_Mestrado\\_compressed.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.\\_MEF\\_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:**

*O Mestrado em Engenharia Física tem como objetivo proporcionar aos estudantes uma forte formação em áreas de especialidade da Engenharia Física, desenvolvendo a capacidade de aplicar princípios científicos e de engenharia na resolução de problemas multidisciplinares em áreas tradicionais da Engenharia Física (as tecnologias associadas à Física Moderna), motivando a sua capacidade de aprendizagem ao longo da sua carreira e dando-lhe o treino profissional necessário à inserção no mercado de trabalho. Esta estratégia de formação está próxima dos modelos defendidos por diversas associações internacionais (entre outras, a FEANI - Federação Europeia das Associações Nacionais de Engenheiros, a SEFI - Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, e a CESAER - Conference of European Schools for Advanced Engineering Education and Research), bem como a Ordem dos Engenheiros.*

**3.1. The study programme's generic objectives:**

*The MSc in Engineering Physics is designed with the aim of providing the students with a strong background in areas of Engineering Physics (technologies associated with Modern Physics), developing the ability to apply scientific and engineering principles in solving multidisciplinary problems in traditional areas of Engineering Physics, motivating their learning ability throughout their career and giving them the professional training necessary for entering the labor market. This training strategy is close to the models suggested by several international associations (for example, FEANI - European Federation of National Engineering, SEFI - Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, and CESAER - Conference of European Schools for Advanced Engineering Education and Research), as well as the Portuguese Order of Engineers.*

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

*O objetivo do Mestrado em Engenharia Física (MEF) é a formação de profissionais qualificados em engenharia, capazes de acompanhar e intervir a nível de inovação científica e tecnológica nas áreas de instrumentação, sensores, ótica moderna, materiais, incluindo em contexto de investigação. No final, os alunos deverão:*

*- Possuir uma formação sólida em Engenharia Física.*

*- Possuir competências que lhes permitam a aprendizagem contínua e autónoma, garantindo a sua atualização ao longo da vida ativa, nas áreas de instrumentação, sensores, ótica moderna e materiais, e na simulação e modelação de*

*processos e sistemas.*

- *Ser capazes de intervir a nível da inovação nos domínios da Engenharia Física, resolvendo problemas em situações novas, em contextos alargados e multidisciplinares.*
- *Ser capazes de trabalhar autonomamente, assumindo responsabilidades no planeamento e gestão de projetos e estruturas na área da Engenharia.*

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

*The goal of the Master in Engineering Physics (MEF) is to train qualified engineering professionals, able to follow and intervene at the level of scientific and technological innovation in the fields of instrumentation, applied sensors, materials, modern optics, including in the context of scientific research. At the end, students should have:*

- *A solid training in Engineering Physics.*
- *Skills that enable them to pursue continuous and autonomous learning, ensuring their update throughout the active life, in the fields of instrumentation, applied sensors, materials and modern optics, and in the simulation and modeling of processes and systems.*
- *The capacity to intervene at the level of innovation in the Engineering Physics domains, solving problems in new situations, in broad and multidisciplinary contexts.*
- *The capacity to work autonomously, assuming responsibilities in planning and management of projects and structures in Engineering.*

### 3.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa, face à missão institucional e, designadamente, ao projeto educativo, científico e cultural da instituição:

*A Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCTUC) dedica-se ao ensino e investigação nos domínios das ciências exatas, naturais, da engenharia e da arquitetura e nas áreas pluri e interdisciplinares que os envolvam. Tem por missão e estratégia a criação, análise, crítica e disseminação de conhecimento científico, tecnológico, de engenharia e cultural, contribuindo para o desenvolvimento de Portugal e do mundo através do ensino, da investigação e da prestação de serviços à comunidade.*

*O Mestrado em Engenharia Física (MEF) é um excelente exemplo de um programa de estudos especializados interdisciplinar que congrega conhecimento de quase todos os Departamentos da FCTUC, em estreita ligação com dois Laboratórios Associados e várias unidades de I&D associadas à UC, avaliadas recentemente pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia com a classificação de Excelente ou Muito Bom. Esta interdisciplinaridade é real e comprovável pelo modo como funcionou o Mestrado Integrado em Engenharia Física que o precede. Esta interdisciplinaridade continuará no MEF, na regência das diferentes unidades curriculares e na oferta de temas de projeto de mestrado para a unidade curricular de Projeto.*

*O objetivo de formar profissionais com elevada qualificação técnica e científica na área da Engenharia Física é totalmente coerente com a missão e a estratégia da Universidade de Coimbra (UC) no ensino e investigação no domínio das ciências da engenharia, bem como na criação, análise, crítica e disseminação de conhecimento científico, tecnológico e de engenharia.*

*A importância de formar Engenheiros altamente qualificados nesta área foi considerada recentemente uma área prioritária, devido à introdução no País de várias instituições de saúde e investigação onde os conhecimentos de engenharia e de física são fundamentais.*

### 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:

*FCTUC is dedicated to teaching and research in the domains of natural and exact sciences, engineering and architecture and in the pluri- and interdisciplinary areas involving them. Its mission and strategy are the creation, analysis, critic and dissemination of scientific, technological, engineering and cultural knowledge, contributing to the development of Portugal and the world, through teaching, research and services provision to the community.*

*The MEF is an excellent example of a pluri- and interdisciplinary study program. It congregates knowledge created and taught in almost all Departments of FCTUC, in close connection with two Associated Laboratories and several R&D Centers associated to UC, recently evaluated by FCT as Excellent or Very Good. This interdisciplinary is real and can be verified in the previous Master of Engineering Physics. It will be present in the MEF, through the responsibility for the different curricular units and on the offer of M.Sc. thesis projects for the curricular unit of Project.*

*The goal of training professionals with high technical and scientific qualification in Engineering Physics is completely coherent with the mission and strategy of UC in teaching and research on the domain of engineering sciences, as well as in the creation, analysis, critic and dissemination of scientific, technological and engineering knowledge.*

*The importance of training highly qualified engineers in this area is high, since this was considered recently as a priority area at the national level, due to the upcoming challenges in the construction of institutions related with the health area, where the knowledge of engineering and physics will be quite demanding.*

## 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 - Ramo único

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

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

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Engenharia/Engineering	ENG	72	0	Optional ECTS: 0-42
Física Aplicada Tecnológica/Applied and Technological Physics	FAT	6	0	Optional ECTS: 0-42
Gestão e Comunicação/Management and Communication	GC	0	0	Optional ECTS: 0-6
Química Tecnológica/Technological Chemistry	QT	0	0	Optional ECTS: 0-6
Opção Aberta/Free option	OA	0	0	Optional ECTS: 0-18
<b>(5 Items)</b>		<b>78</b>	<b>0</b>	

## 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)
--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

Complementos de Eletrónica / Complements of Electronics	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória / Compulsory
Interação e Detecção de Partículas / Particle Interaction and Detection	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória / Compulsory
Técnicas Avançadas de Análise de Dados / Advanced Techniques in Data Analysis	FAT	Semestral	162	28T+28TP	6	Optativa / Elective
Semicondutores e Nanoestruturas / Semiconductors and Nanostructures	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis	ENG	Semestral	162	28TP+28PL	6	Optativa / Elective
Tecnologias Quânticas / Quantum Technologies	FAT	Semestral	162	28TP+28PL	6	Optativa / Elective
Sensores Inteligentes / Smart Sensors	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Instrumentação para Imagiologia Médica / Instrumentation for Medical Imaging	ENG	Semestral	162	28T+14TP+14S	6	Optativa / Elective
Física e Tecnologia do Vácuo / Vacuum Physics and Technology	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Métodos Instrumentais Avançados de Análise / Advanced Instrumental Methods of Analysis	QT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Bases de Dados e Análise de Informação / Databases and Information Analysis	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Robótica / Robotics	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Opção aberta / Free Option	OA	Semestral	162	depende da escolha / depends on choice	6	Optativa / Elective

**(13 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)
Sistemas de Monitorização e Supervisão / Monitoring and Supervision Systems	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória / Compulsory
Instrumentação Optoeletrónica / Optoelectronic Instrumentation	ENG	Semestral	162	24T+24TP+8PL	6	Obrigatória / Compulsory
Gestão da Qualidade / Quality Management	GC	Semestral	162	28T+28TP	6	Optativa / Elective
Compatibilidade Eletromagnética / Electromagnetic Compatibility	ENG	Semestral	162	28T+28TP	6	Optativa / Elective
Instrumentação Industrial / Industrial Instrumentation	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Instrumentação Médica e Hospitalar / Hospital and Medical Instrumentation	ENG	Semestral	162	28TP+28S	6	Optativa / Elective
Simulação e Métodos de Monte Carlo / Simulation and Monte Carlo Methods	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective

Mecatrónica / Mechatronics	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Técnicas de Análise de Materiais / Experimental techniques for Materials Characterization	FAT	Semestral	162	14T+42PL	6	Optativa / Elective
Instrumentação para o Espaço / Instrumentation for Space	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Dosimetria, Segurança e Proteção Radiológicas / Dosimetry, Radiation Protection and Safety	FAT	Semestral	162	28T+28TP	6	Optativa / Elective
Opção aberta / Free Option	OA	Semestral	162	depende da escolha / depends on choice	6	Optativa / Elective

**(12 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)
Metrologia / Metrology	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Obrigatória / Compulsory
Introdução ao Projeto / Introduction to Project	ENG	Semestral	162	14S+14 OT	6	Obrigatória / Compulsory
Técnicas Avançadas de Análise de Dados / Advanced Techniques in Data Analysis	FAT	Semestral	162	28T+28TP	6	Optativa / Elective
Semicondutores e nanoestruturas / Semiconductors and Nanostructures	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Tecnologias Quânticas / Quantum Technologies	FAT	Semestral	162	28TP+28PL	6	Optativa / Elective
Sensores Inteligentes / Smart Sensors	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Instrumentação para Imagiologia Médica / Instrumentation for Medical Imaging	ENG	Semestral	162	28T+14TP+14S	6	Optativa / Elective
Física e Tecnologia do Vácuo / Vacuum Physics and Technology	FAT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Métodos Instrumentais Avançados de Análise / Advanced Instrumental Methods of Analysis	QT	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Bases de Dados e Análise de Informação / Databases and Information Analysis	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Robótica / Robotics	ENG	Semestral	162	28T+28PL	6	Optativa / Elective
Opção aberta / Free Option	OA	Semestral	162	depende da escolha / depends on choice	6	Optativa / Elective

**(13 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)
Projeto / Project (1 Item)	ENG	Semestral	810	42 OT	30	Obrigatória / Compulsory

**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Dosimetria, Segurança e Proteção Radiológicas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Dosimetria, Segurança e Proteção Radiológicas***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Dosimetry, Radiation Protection and Safety***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:***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 Isabel Silva Ferreira Lopes (T: 28; TP: 14)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

**Alexandre Miguel Ferreira Lindote (TP: 14)****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- 1) *Adquirir conhecimentos relativos a: i) grandezas fundamentais radiométricas e dosimétricas. ii) vários tipos de dosímetros e de instrumentação para monitorização de feixes, radiação ambiental e dose individual. iii) cálculo de doses internas e externas de radiação; iv) dimensionamento de barreiras de proteção e de blindagem de sistemas; v) radioatividade ambiente e gestão de resíduos radioativos; vi) legislação associada a esta área.*
- 2) *Saber utilizar métodos computacionais (deterministas e de Monte Carlo) em cálculos dosimétricos e proteção radiológica.*
- 3) *Adquirir capacidade para procurar e utilizar bibliografia, organizando um conjunto consistente de informações relativas às áreas acima referidas.*
- 4) *Saber resolver problemas de cálculo de dose interna e externa.*

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

- 1) *To know: i) the fundamental physical radiometric and dosimetric quantities; ii) different type of integral and pulsed dosimeters, as well as instrumentation for personal and environmental monitoring and survey; iii) how to calculate internal and external radiation doses; iv) how to dimension and design screening barriers; v) environmental radiation and radioactive waste management; vi) legislation on safety and radiation protection.*
- 2) *To know how to use computational methods for dosimetric calculations and design of radiation protection barriers.*
- 3) *Ability to search and use bibliography, organising a consistent set of information regarding the area in study.*
- 4) *To know to solve problems involving the calculation of internal and external doses.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 - *Introdução aos princípios, grandezas e unidades dosimétricas .*
- 2 - *Dose externa e interna devido a fontes de radiação gama, raios-X e partículas carregadas.*
- 3 - *Interações e cálculo da dose devida a neutrões.*
- 4 - *Instrumentação para dosimetria.*
  - *Dosímetros de leitura integral e pulsada.*
  - *Detetores para monitorização da radiação ambiente*
  - *Sondas intra-operatórias.*
- 5 - *Sistemas para dosimetria.*
  - *Calibração de câmaras de ionização com raios-X e gama.*
  - *Caracterização de feixes de radiação*
  - *Calibração e controlo de qualidade de sistemas de dosimetria.*
- 6 - *Segurança e proteção radiológicas.*
  - *Princípios da proteção e segurança radiológicas*
  - *Cálculo de blindagens*
  - *Tipos de fontes e modos de exposição*
  - *Irradiação e contaminação*
  - *Regras básicas de radioproteção*
  - *Manipulação e gestão de resíduos radioativos*
- 7 - *Normas de Base, Regulação e Legislação.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 - *Introduction to the main principles, quantities and units in dosimetry.*
- 2 - *Determination of the external and internal dose due to sources emitting gamma radiation, X-rays and charged particles.*
- 3 - *Interaction and dose due to neutrons.*
- 4 - *Techniques and instrumentation in dosimetry*
  - *Integral and pulsed dosimeters*
  - *Detectors for radiation monitoring and survey*
  - *Intraoperative probes.*
- 5 - *Dosimetric systems*
  - *Calibration of ionising chambers with X-rays and gamma-radiation*
  - *Radiation beams characterisation*
  - *Calibration and quality control of dosimetric systems.*
- 6 - *Practice radiation protection and safety*
  - *Principles of radiation protection and safety*
  - *Design of screening barriers*
  - *Types of sources and exposure modes*
  - *Irradiation and contamination*
  - *Basic rules in radiation protection*
  - *Radioactive waste handling and management*
- 7 - *Standards, Regulations and Legislation in radiation protection and safety*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos servem diretamente os objetivos 1 e 3, e são a base indispensável para atingir os objetivos 2 e 4 da lista que consta da secção 3.3.4.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus is designed to serve directly the curricular unit's objectives 1 and 3 and its the indispensable base for attaining objectives 2 and 4 of the list in section 3.3.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Nas aulas teóricas, os assuntos são lecionados de forma expositiva, utilizando-se principalmente meios audiovisuais. Nas aulas teórico-práticas os alunos resolvem problemas, seguidos de discussão, onde se procura ligar os conceitos abordados a situações práticas. Nas aulas práticas, os alunos realizam trabalhos computacionais de simulação, onde terão que aplicar os conhecimentos aprendidos nas aulas teóricas. Nessas aulas proceder-se-á também à apresentação e discussão de "case studies" de proteção e segurança radiológicas.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*In the theoretical lectures, the subjects are explained using mainly audiovisual media. In the practical classes students solve problems, followed by discussion, that aim to link the concepts, methods and techniques learned in the theoretical lectures to practical situations. In practical classes, students carry out computer simulations, in which they apply the knowledge acquired in theoretical lectures. These classes will also include the presentation and discussion of "case studies" in radiation protection and safety.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As aulas teóricas expositivas visam ser um meio essencial para ajudar o aluno a atingir o objetivo 1. Durante estas aulas, vão também ser lançados desafios pontuais que levem os alunos a procurar resolver problemas ou esclarecer aspetos na bibliografia e assim ir trabalhando no sentido de atingir o objetivo 3. As aulas práticas são essenciais para atingir o objetivo 4 pois é nessas aulas que se resolvem problemas que têm como objetivo o cálculo de doses internas e externas. A apresentação e discussão de "case studies" constitui um método muito apropriado para consolidar o objetivo 1 e 3. Finalmente, as aulas práticas destinadas aos alunos realizarem simulações computacionais são cruciais para atingir o objetivo 2 e reforçar o objetivo 1.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*Theoretical classes aim to be an essential tool to help the student reaching the learning outcome 1. During these sessions, it will also be launched small problems/challenges that aim to lead students to seek their clarification on the literature and thus working towards learning outcome 3. The practical classes are essential to achieve learning outcome 4 as these classes are devoted to solve problems involving the calculation of internal and external doses. The presentation and discussion of case studies is a very appropriate method to consolidate learning outcomes 1 and 3. Finally, the practical classes in which the students carry out computer simulations are crucial to achieve learning outcome 2 and reinforce the objective 1.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Fundamentals of Ionizing Radiation Dosimetry, Pedro Andreo, David T. Burns, Alan E. Nahum, Jan Seuntjens, Frank Herbert Attix, Wiley, 2017.  
Introduction to Health Physics, Herman Cember, 4th Ed., McGraw-Hill, Inc., 2009.  
Radiation Protection and Dosimetry: An Introduction to Health Physics, Michael G. Stab, Springer, 2010.*

#### Mapa IV - Análise e Processamento de Imagem

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Análise e Processamento de Imagem*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Image Processing and Analysis*

**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):****Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira (T: 28; PL: 28)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Rui Manuel Dias Cortesão dos Santos Bernardes (PL:28)****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****O curso tem como objetivos principais transmitir conhecimentos que permitam aos alunos:***

- 1) compreender os fundamentos teóricos do processamento de imagens digitais, incluindo o seu contexto na aquisição e análise de imagens biomédicas e algumas das suas técnicas principais, e***
- 2) desenvolver capacidades que lhes permitam aplicar na prática estes conhecimentos, dominando ferramentas adequadas de processamento de imagens, incluindo uma linguagem de programação especializada.***

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****This course is planned so as to enable the students to:***

- 1) understand the theoretical foundations of digital image processing, including their context in the acquisition and analysis of biomedical images, and learn some of the main techniques;***
- 2) develop skills allowing them to put in practice what they've learned, mastering the appropriate image processing tools and, in particular, a specialised programming language.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:*****Introdução.******Fundamentos da imagem digital: Formação, aquisição e digitalização de imagem. Representação binária, armazenamento e visualização de imagens digitais. Caracterização de imagens.******Processamento no domínio espacial: Histogramas, equalização, melhoramento de imagem. Filtragem espacial.******Processamento no domínio espectral: Transformadas de Fourier. Filtros. FFT. Teorema da convolução e da correlação.******Restauração de imagem: Modelo do processo de degradação/restauração da imagem. Modelos de ruído. Desconvolução.******Processamento da cor: Modelos de cor.******Processamento da forma e segmentação: Dilatação, erosão. Detecção/extração de características. Transformada de Hough. Crescimento de regiões.******Reconstrução de imagem: Organização dos dados. Transformada de Radon. Métodos analíticos e métodos iterativos. Reconstrução.******Outras técnicas: Alinhamento e Fusão. PCA. "Machine Learning".******Programa prático: Utilização de linguagens de programação para processamento e visualização de imagens.*****4.4.5. Syllabus:*****ntroduction.******Fundamentals of digital image: image formation, acquisition and digitalisation. Binary representation, storage and visualisation of digital images.******Image characterisation.******Spatial domain processing: histograms, equalisation, image improvement. Spatial filtering.***

**Spectral domain processing: Fourier transforms. Filters. FFT. Convolution and correlation theorem.**  
**Image recovery: degradation/recovery process model. Noise models. Deconvolution.**  
**Colour processing: colour models.**  
**Shape processing and segmentation: dilation, erosion.**  
**Detection/extraction of characteristics. Hough transform. Domain growth.**  
**Image reconstruction: data organization. Radon transform. Analytical and iterative methods. Reconstruction.**  
**Other techniques: alignment and fusion. PCA. "Machine Learning".**  
**Practical classes syllabus: use of programming languages for image processing and visualisation.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**Os objetivos relativos à aquisição de conhecimento são diretamente alcançáveis através da exposição oral dos conteúdos programáticos definidos.**  
**Os objetivos relativos às aplicações práticas são alcançados com os problemas de programação e a exploração das várias técnicas de processamento de imagem.**

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
**Objectives pertaining to knowledge acquisition are reached through the oral presentation of the content of the syllabus.**  
**Objectives related to practical applications are attained with the programming problems and the exploring of several image processing techniques.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
 - **Exposição oral com recurso a meios audiovisuais**  
 - **Exemplos explorando fontes adicionais, incluindo Internet e investigação de ponta na área**  
 - **Discussão em grupo de problemas práticos**  
 - **Resolução de problemas de programação**  
 - **Realização de testes práticos frequentes**  
 - **Realização de trabalhos individuais (um projeto de programação com relatório)**

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
 - **Oral presentation using audiovisual means**  
 - **Examples that explore additional sources such as the internet and latest research results**  
 - **Group discussion of practical problems**  
 - **Solving programming problems**  
 - **Frequent practical tests**  
 - **Building a programming project with report**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**Dado que os métodos de ensino se centrarão na discussão e solução de problemas práticos, ambos os objetivos principais da unidade curricular serão automaticamente cumpridos.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
**Given that teaching methods will mainly be centred on the discussion and solution of practical problems, the main objectives of this course will be automatically fulfilled.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
**Livro de referência / main book:**  
**R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 4th ed., 2018.**  
**Outros livros / Other books:**  
**Rangaraj M R, Biomedical Image Analysis, CRC Press, 2005.**  
**R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital Image Processing using Matlab, Prentice Hall, 2004.**  
**Anil J. Kain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989.**

#### **Mapa IV - Bases de Dados e Análise de Informação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
**Bases de Dados e Análise de Informação**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
**Databases and Information Analysis**

**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):****Pedro Nuno San-Bento Furtado (T: 28; PL: 28)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Esta unidade curricular é um curso de bases de dados e análise de dados. As bases de dados são um componente essencial dos sistemas informáticos. Para além dos fundamentos (modelo relacional, normalização, SQL, operações relacionais), aprende-se a operacionalizar a análise, conceção e construção de bases de dados. A capacidade de analisar dados, descobrir tendências e visualizá-los permite ainda às organizações inovar e aumentar a produtividade. Para além de conceitos de análise de dados (análise exploratória, estatística, descoberta de conhecimento e visualização), aprende-se a operacionalizar a análise usando uma linguagem de programação e estuda-se como as bases de dados e essa análise estão intimamente relacionadas.***

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

***Learn how to define a database for a problem correctly.  
Learn how to query and manage the data in a database.  
Learn to use practical tools for those operations.  
Learn to program exploratory data analysis.  
Learn to program discovery of new knowledge from data.  
Learn to program visualization and report on the data.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Modelo Entidade-relacionamento (ER).  
Desenho de base de dados.  
Modelo Relacional (R), normalização e outros modelos.  
Tradução ER-R.  
Linguagem SQL e álgebra relacional.  
Análise exploratória de dados usando linguagem de programação.  
Descoberta de conhecimento usando linguagem de programação.  
Visualização de análises usando linguagem de programação.***

**4.4.5. Syllabus:**

***This course is a course in databases and data analysis. Databases are an essential component of computer systems. Beyond the fundamentals (relational model, normalization, SQL, relational operations), one learns to operationalize the analysis, design and construction of databases. The ability to analyze data, discover trends and visualize them enables organizations to innovate and increase productivity. Besides data analysis concepts (exploratory analysis, statistics,***

*knowledge discovery and visualization), one learns to operationalize this analysis using a programming language, with emphasis also to how databases and analysis are intertwined.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*O objetivo de aprender a definir uma base de dados para um problema corretamente, a consultar e gerir dados numa base de dados são estudados através dos conteúdos programáticos (modelo entidade relacionamento e desenho de base de dados, modelo relacional e outros, normalização, tradução ER-R, linguagem SQL e álgebra relacional). O objetivo de aprender a programar análises de dados, descobrir novos conhecimentos a partir de dados e visualizar são estudados através dos conteúdos de pesquisa e análise exploratória de dados usando uma linguagem de programação, descoberta de conhecimento e visualização de análises.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The objective of learning how to define, query and manage data in a database are studied using entity-relationship modelling, the relational model, SQL and relational algebra. To learn data analysis the course teaches how to program exploratory data analysis, discovery of knowledge from data and visualization using a programming language.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Exposição de matéria e perguntas na aula teórica: consiste em aulas organizadas para cada assunto do conteúdo programático, sempre associado a exemplos representativos e sua ligação ao mundo pratico.  
Exploração prática em aulas praticas: as aulas praticas são organizadas como um conjunto de fichas preparadas de perguntas que são passos de desafios a responder através da utilização de ferramentas informáticas. O docente deixa os alunos tentarem chegar à solução, apoia e ajuda, e de seguida demonstra como se chega a essa solução.  
Projeto e seu acompanhamento.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Exposition of subjects and questions in the theoretical class: consists of classes organized for each subject of the syllabus, always associated with representative examples and their connection to the practical world.  
Practical exploration in hands-on classes: Hands-on lessons are organized as a set of prepared question sheets that are challenging steps to answer through the use of computer tools. The teacher lets the students try to come up with the solution, supports and helps, and then demonstrates how to reach that solution.  
Project and its accompaniment.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As exposições e perguntas/respostas das aulas teóricas permitem ao docente oferecer aos alunos a base de conhecimentos e estruturação dos conceitos que são necessários para os alunos perceberem como estruturar e pensar a conceção, gestão e pesquisa de bases de dados, e a análise de dados. As aulas são estruturadas por assuntos de forma a conseguir-se dar os corretos conceitos necessários ao longo do semestre.  
A experimentação baseada em procurar as soluções em ferramenta informática para os desafios que são postos sequencialmente em cada aula pratica laboratorial têm como objetivo oferecer a capacidade aos alunos de por em pratica os conceitos e conhecimentos obtidos nas aulas teóricas, e ganharem capacidade de gerir e analisar dados na prática.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The lectures and questions/answers of lectures allow the teacher to give students the knowledge base and structuring of concepts that are necessary for them to understand how to structure and think the design, management and querying of databases, and data analysis concepts. Classes are structured by subject in order to give the correct concepts needed throughout the semester.  
Experimentation based on using computer tool to find solutions for the challenges that are posed sequentially in each laboratory class aims to provide students with the ability to put into practice the concepts and knowledge gained in theoretical classes, and gain the ability to manage and analyze data in practice.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Main:  
Handouts  
R. Ramakrishnan, Johannes Gehrke, Database Management Systems, McGraw Hill, 2002.  
Database System Concepts, 5th Edition by Avi Silberschatz, Henry F. Korth, and S. Sudarshan McGraw-Hill International Edition, ISBN: 007-124476-X, May 2005.  
Data Science and Big Data Analytics: Discovering, Analyzing, Visualizing and Presenting Data. EMC Education Services (Editor). ISBN: 978-1-118-87613-8, January 2015.  
Other bibliography:  
Mastering Python for Data Science, Samir Madhavan, Packt-Book, 2015.  
Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer D. Widom, Database Systems: The Complete Book, Prentice Hall,*

2001.

#### Mapa IV - Compatibilidade Eletromagnética

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Compatibilidade Eletromagnética*

4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Electromagnetic Compatibility*

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: 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):  
*Tony Richard de Oliveira de Almeida (T: 28; TP: 28)*

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

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
*Esta unidade curricular oferece aos alunos noções importantes de Compatibilidade Eletromagnética fundamentais para o projeto de dispositivos e sistemas elétricos na ótica do circuito elétrico equivalente de forma a reduzir a interferência eletromagnética entre o dispositivo e o meio envolvente exterior. Estes conceitos serão aplicados para a gama de frequências referente à condução e à radiação, conforme se exemplifica no programa mínimo indicado.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
*To provide the students important concepts of Electromagnetic Compatibility which are fundamental for the design of electrical systems and devices, from the point of view of the equivalent electric circuit, in order to minimize the electromagnetic interference between the device and the surrounding environment. These concepts will be applied to a frequency range covering conduction and radiation, according the presented syllabus.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:  
*Introdução à Compatibilidade Eletromagnética. Dimensões elétricas e unidades em EMC. Perda de potência em cabos. Adaptação de cargas. Resistência, indutância e capacidades em baixa e alta-frequência. Circuitos elétricos equivalentes de cablagens e pistas de pcb. Efeitos dos ligadores em alta-frequência. Indutâncias de modo comum. Resposta em frequência e desvios do comportamento ideal dos componentes. Interruptores mecânicos. Supressão do arco elétrico. Teoria eletromagnética e uma revisão sobre a propagação. Reflexões e refrações. Blindagens.*

**Funcionamento e eficiência de uma blindagem. Parâmetros que afetam a eficiência de uma blindagem para estruturas radiantes próximas e afastadas. Modelos simples de emissibilidade e suscetibilidade por radiação e condução. Terras e massas.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Introduction to Electromagnetic Compatibility (EMC). Electric dimensions and units in EMC. Power loss in cables. Load match. Resistance, inductance and capacities at low- and high-frequency. Equivalent electric circuit of PCB tracks and cables. Effects of the connectors at high-frequency. Common-mode inductance. Frequency response and deviations from the ideal behavior of components. Mechanical switches. Electrical arc suppression. Electromagnetic theory and review on wave propagation. Reflections and refractions. Shielding. Shielding principles and efficiency. Parameters affecting shielding efficiency for near and far radiant structures. Basic emissivity and susceptibility models for radiation and conduction. Earthing and grounding.**

#### 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 disciplina funciona com três tipos de aulas: teóricas, do tipo magistral; teórico-práticas com resolução de problemas de aplicação e realização de experiências elementares para clarificação dos conceitos apresentados nas aulas teóricas; aulas tipo seminário, para apresentação e defesa dos trabalhos de projeto propostos aos alunos. Neste último caso os alunos constituirão grupos de 2, devendo o grupo realizar um projeto de aplicação informática sobre a matéria dada.**

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

**The course presents three types of classes: theoretical (lecture); theoretical-practical classes with problem solving and some basic experiments for clarification of the concepts presented in the lectures; seminar classes for the students to present and defend their projects that are proposed to them at the beginning of the semester. In the latter case, the students will form groups of two elements, and dev the group must make a project of computer application on a given subject.**

#### 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. Com o conhecimento e a compreensão das matérias lecionadas nas aulas teóricas e os exercícios de aplicação prática, 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. Nas aulas laboratoriais, com a realização dos ensaios simples, procura-se familiarizar os alunos com alguns dos fenómenos associados à problemática da compatibilidade eletromagnética. Os trabalhos propostos aos alunos criam as condições para que estes adquiram competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita e oral.**

#### 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 and specific technical competencies. With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in the theoretical-practical 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. In the laboratory classes, simple experiments to assess physical properties are carried out to familiarize students with electromagnetic compatibility phenomena. The proposed works create the conditions for the students to acquire skills in self learning and both written and oral communication.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- *Paul, Clayton (2006) – Introduction to Electromagnetic Compatibility, John Wiley & Sons, 2nd ed.*
- *Weston, David A. (1991) – Electromagnetic compatibility: principles and applications, Marcel Dekker.*
- *Ott, Henry W. (1991) – Noise reduction techniques in electronic systems, John Wiley & Sons, 2nd ed.*
- *Montrose, Mark I. (1999) – EMC and the printed circuit board : design, theory, and layout made simple, IEEE Press.*

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

*Complementos de Eletrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Complements of 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: 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):**

*Custódio Francisco Melo Loureiro (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 o funcionamento do transístor em circuitos amplificadores. Conhecer e aplicar os modelos para sinais fracos na análise dos circuitos. Conhecer e aplicar métodos para análise da resposta em frequência. Compreender os benefícios e compromissos da utilização de realimentação em sistemas eletrónicos. Capacidade para analisar circuitos eletrónicos com realimentação e calcular o ganho e outros parâmetros de interesse de circuitos realimentados. Capacidade para estudar a estabilidade do circuito realimentado e aplicar métodos básicos de compensação. Compreender o papel dos filtros em sistemas eletrónicos. Reconhecer e especificar os diferentes tipos de filtros. Conhecer as características dos filtros Butterworth e Chebyshev. Conhecer as funções de transferência de filtros de primeira e segunda ordem, suas implementações LCR e o circuito de Antoniou. Capacidade para projetar filtros.*

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

*Understand the operation of the transistor in amplifier circuits. Know and apply the small-signal models in circuit analysis. Know and apply methods for frequency response analysis. Understand the benefits and commitments of the use of feedback in electronic systems. Ability to analyze electronic circuits with feedback and calculate the gain and other parameters of interest of feedback circuits. Ability to study the stability of the feedback circuit and apply basic*

*methods of compensation. Understand the role of filters in electronic systems. Recognize and specify the different types of filters. Knowledge of the characteristics of Butterworth and Chebyshev filters. Knowledge of the transfer function of first and second order filters, their implementations LCR and the Antoniou circuit. Ability to design filters.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Amplificadores com transístores.

*Princípios básicos. Funcionamento para sinais fracos e modelos. Circuitos amplificadores discretos. Resposta em frequência.*

##### 2. Realimentação.

*Propriedades básicas da realimentação negativa. As topologias básicas. Determinação do ganho. O problema da estabilidade. O efeito da realimentação nos polos do amplificador. Estudo da estabilidade usando diagramas de Bode. Compensação em frequência.*

##### 3. Filtros e amplificadores sintonizados.

*Introdução. Função de transferência. Filtros Butterworth e Chebyshev. Funções de primeira e segunda ordem. Filtro LCR. Filtros ativos. Amplificadores sintonizados.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Transistor amplifiers.

*Basic principles. Small-signal operation and models. Biasing. Discrete-circuit amplifiers. Frequency response.*

##### 2. Feedback.

*Basic properties of negative feedback. The basic topologies. Determination of the gain with feedback. The stability problem. Effect of feedback on the amplifier poles. Stability study using Bode plots. Frequency compensation.*

##### 3. Filters and tuned amplifiers.

*Introduction. The filter transfer function. Butterworth and Chebyshev filters. First-order and second-order transfer functions. LCR resonator and LCR filters. Active filters. Tuned amplifiers.*

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

*Os conteúdos programáticos são a base teórica para a compreensão do transístor, assim como dos circuitos básicos de amplificação baseados em transístores. Analisam-se detalhadamente os circuitos usando os modelos para sinais fracos. Estende-se este estudo detalhado aos circuitos realimentados e à resposta em frequência dos circuitos. Prossegue-se com o estudo dos filtros de Butterworth e Chebyshev. Estes conteúdos programáticos estão diretamente ligados aos objetivos da unidade curricular, fornecendo as ferramentas teóricas e de análise para a compreensão dos diferentes conteúdos e sua utilização prática no desenho de circuitos.*

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

*The programmatic contents are the theoretical basis for understanding the transistor, as well as the basic amplifier circuits based on transistors. Circuits are analyzed in detail using the models for weak signals. This detailed study is extended to the feedback circuits and the frequency response of the circuits. The study of Butterworth and Chebyshev filters follows. The syllabus is directly linked to the objectives of the course, providing the theoretical and analysis tools for understanding the different contents and their practical use in circuit design.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas expositivas complementadas com aulas práticas e de simulação.*

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

*Lectures supplemented by practical classes and simulation.*

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

*As aulas teóricas introduzem os novos dispositivos e conceitos envolvidos no desenho e compreensão de circuitos com transístores, usando ou não realimentação, e a compreensão e estudo da sua resposta em frequência, avançando-se seguidamente para o estudo teórico dos filtros. Complementam-se as aulas teóricas com trabalhos práticos e de simulação envolvendo a medição das características fundamentais dos transístores e a resposta em frequência de circuitos com transístores e com realimentação negativa. Montam-se circuitos com filtros e medem-se as suas características. Assim, os conhecimentos teóricos adquiridos são consolidados pela realização de trabalhos práticos laboratoriais, de simulação e projeto de circuitos, aumentando a capacidade de compreender, analisar e projetar.*

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

*Theoretical classes introduce the new devices and concepts involved in the design and understanding of circuits with transistors, either using feedback or not, and the understanding and study of their frequency response, moving on to the theoretical study of filters. Theoretical classes are complemented with practical and simulation work involving the measurement of the fundamental characteristics of the transistors and the frequency response of circuits with transistors and negative feedback. Filter circuits are assembled and their characteristics measured. Thus, the*

*theoretical knowledge acquired is consolidated by carrying out practical laboratory work, simulation and circuit design, increasing the ability to understand, analyze and design.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

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

*Microelectronic Circuits, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, Tony C. Carusone, Vincent Gaudet, 8th ed., 2019.*

*Apontamentos do professor (Teacher's notes).*

**Mapa IV - Física e Tecnologia do Vácuo**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física e Tecnologia do Vácuo*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Vacuum Physics and Technology*

**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:**

*T: 44; PL: 12*

**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):**

*Sérgio José Coelho do Carmo (T: 44; PL: 12)*

**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):**

*Com esta disciplina pretende-se transmitir aos estudantes conhecimentos de natureza geral em física e tecnologia do vácuo e permitir um primeiro contacto e experiência com diferentes sistemas de vácuo, a fim de que os estudantes possam, no futuro, utilizar, adquirir, montar ou efetuar a manutenção possível daqueles sistemas. Mais do que fornecer uma formação pormenorizada sobre os processos físicos fundamentais envolvidos, pretende-se contribuir para uma formação essencialmente prática e tecnológica na operação e seleção dos diferentes equipamentos de vácuo e na identificação das limitações que podem ser encontradas em cada sistema.*

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

*This course aims to provide students with a broad knowledge in physics and technology of vacuum and cryogenics and allow a first contact and experience with different vacuum systems, so that students can, in future operate, acquire, assemble and maintain these kind of systems. Rather than providing a detailed training on fundamental physical processes involved, it is intended to contribute to an essentially practical and technological training in the operation*

**and selection of different vacuum equipment and identifying the limitations that can be found in a given system.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**Parte I – Princípios fundamentais da física e tecnologia do vácuo**

1. **Introdução.**
2. **Propriedades dos gases.**
3. **Sistema de vácuo fundamental.**
4. **Sistema de vácuo real.**

**Parte II – Produção e medição de vácuo**

5. **Produção de vácuo.**
6. **Medição de vácuo.**
7. **Deteção de fugas.**
8. **Analísadores de gases residuais/espectrómetros de massa.**
9. **Análise comparativa dos custos de um sistema de vácuo.**

**Parte III – Formação prática**

10. **Produção de vácuo.**
11. **Medição de vácuo.**
12. **Trabalhos práticos com apresentação de relatório.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Part I - Fundamental principles of physics and technology of the vacuum**

1. **Introduction.**
2. **The properties of gases.**
3. **Central vacuum system.**
4. **Real vacuum system.**

**Part II - Production and measurement of vacuum**

5. **Production of vacuum.**
6. **Vacuum measurement.**
7. **Leak detection.**
8. **Residual gas analyzer / mass spectrometers.**
9. **Comparative analysis of the costs of a vacuum system.**

**Part III - Practical training**

10. **Production of vacuum.**
11. **Vacuum measurement.**
12. **Practical work with presentation of report.**

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

**Os conteúdos programáticos cobrem diversas áreas fundamentais da Física e Tecnologia do Vácuo. O seu conhecimento é necessário e adequado para a aquisição das competências essenciais ao domínio dos diversos tipos de sistemas de vácuo (utilização, manutenção, desenvolvimento ou construção). A exposição teórica dos conteúdos programáticos é acompanhada, em paralelo, pelo uso experimental de diversos sistemas experimentais, de forma a completar a formação com a necessária aprendizagem prática da mesma, tão relevante nesta área em particular.**

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

**The syllabus covers the different fundamental areas of Vacuum Physics and Technology. Their knowledge is necessary and adequate for the acquisition of the essential competences to dominate the different types of vacuum systems (either use, maintenance, development or construction). The theoretical exposition of the syllabus is accompanied, in parallel, by the experimental use of several experimental systems in order to complete the training with the necessary practical learning; so relevant in this area in particular.**

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

**O ensino teórico é expositivo, recorrendo-se à escrita no quadro dos diagramas ou desenhos e formalismo matemático em questão. Sempre que possível recorre-se à apresentação de exemplos teórico-práticos para uma maior objetividade e uma melhor aprendizagem por parte dos alunos.**

**As aulas práticas são demonstrativas e servem para os alunos tomarem contacto com a operação de diferentes sistemas de vácuo. Os alunos vão operar autonomamente os sistemas de vácuo, tendo sempre uma pequena discussão inicial sobre os objetivos do trabalho, o procedimento a seguir e os resultados esperados.**

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

**The fundamentals behind the diagrams and drawings are discussed in lectures. The lectures also provide simultaneous presentation of complementary slides. Whenever possible use is made to the presentation of theoretical and practical examples for better understanding by students.**

**Some practical classes have a demonstration purpose, so that students make contact with the operation of the various**

*vacuum systems. During the laboratory sessions the students are supposed to operate the vacuum systems independently, after a briefing concerning the procedures and the aims of the proposed work.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Esta unidade curricular tem como objetivo principal o domínio de competências na área da Física e Tecnologia do Vácuo, sendo a exposição teórica dos conteúdos complementada com uma componente prática e laboratorial relevante. Os conteúdos programáticos são expostos e adaptados de forma a demonstrar a utilidade e a utilização das competências adquiridas nas mais diversas áreas (indústria, sistemas analíticos, investigação, etc.).*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The main goal of this curricular unit is the mastery of skills in the area of Vacuum Physics and Technology, with the theoretical exposition of the contents complemented with a relevant practical and laboratory component. The syllabus contents are exposed and adapted in order to demonstrate the usefulness and use of the acquired skills in the most diverse areas (industry, analytical systems, research, etc.).*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*A Users Guide to Vacuum Technology, J.F. O'Hanlon (IBM Thomas J. Watson Research Center), Wiley-Interscience publication, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980, ISBN 0-471-01624-1.*

*Tecnologia do Vácuo, A.M.C. Moutinho, M.E.F. Silva e M. Áurea Cunha, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1980.*

*Ultrahigh Vacuum Practice, G.F. Weston (Philips Research Laboratories), Butterworths & Co., London, 1985, ISBN: 0408014857.*

#### Mapa IV - Gestão da Qualidade

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Gestão da Qualidade*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Quality Management*

**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; 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):**

*Aldora Gabriela Gomes Fernandes (T: 28; TP: 28)*

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

<sem resposta>

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

*A qualidade é um dos principais fatores que influenciam a aquisição de um número crescente de produtos e serviços – quer o cliente seja um indivíduo, uma empresa industrial ou uma organização pública. Assim, a compreensão dos conceitos associados à qualidade, à sua medição e controlo (ao nível do projeto e fabrico), são fundamentais para o sucesso das organizações.*

*Pretende-se com esta disciplina que os alunos adquiram os fundamentos da gestão da qualidade, e que apreendam as ferramentas disponíveis para a sua implementação, medição e controlo, quer na fase de projeto, quer na fase de execução de um produto ou serviço. Pretende-se ainda que os alunos sejam capazes de desenvolver o conjunto de documentos necessários ao estabelecimento de um sistema formal de gestão da qualidade.*

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

*The Quality is one of the main factors taken into account by customers when deciding which product or service should be acquired. Thus the understanding of the quality concepts and how to measure and control the quality is vital for the success of any business.*

*After this course the student should be able to: understand and discuss the concept of quality in what concerns its application in engineering; use the tools available to measure and control the quality of a product/service during its development/project and production stage; be able to understand and develop the main documents required to implement a formal quality system.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Definição e conceito de qualidade e sua importância no âmbito da engenharia.*
- 2. Custos da qualidade.*
- 3. Qualidade na fase de projeto – Quality function Deployment (QFD).*
- 4. Análise modal de falhas e efeitos.*
- 5. O controlo estatístico do processo (inspeção; cartas de controlo).*
- 6. As normas ISO 9000 e os sistemas formais de qualidade.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Definition and concept of quality and its importance in engineering.*
- 2. Quality costs.*
- 3. Quality Function Deployment (QFD).*
- 4. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).*
- 5. Statistical Quality Control (inspection and control charts).*
- 6. The ISO 9000 standards and formal quality systems.*

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

*Os módulos 1 e 2 do programa definido garantem a aquisição dos conhecimentos acerca do conceito de qualidade no âmbito da engenharia, demonstrando a sua importância económica. Nos módulos 3, 4 e 5 descreve-se o conjunto de ferramentas utilizadas para a medição e controlo da qualidade desde a fase de desenvolvimento do produto até a fase da sua produção. O módulo 6 tem por objetivo transmitir aos alunos os conhecimentos acerca dos documentos de suporte aos sistemas formais da qualidade bem como apresentar as normas internacionais que suportam esses sistemas.*

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

*Syllabus modules 1 and 2 allows the student to understand the concept of quality in what concerns engineering tasks, showing its economic importance for companies. In modules 3, 4 and 5 a set of tools/methodologies available for measuring and controlling quality, from product development to production, are studied. Module 6 is prepared to transmit knowledge about the documents supporting formal quality systems and the international standards used to implement quality systems in companies.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Exposição teórica da matéria com recurso a slides e vídeos. Resolução de problemas recorrendo às ferramentas de controlo da qualidade. A resolução dos problemas é feita em grupo, com apoio do docente, potenciando a discussão entre os alunos acerca das abordagens a seguir para chegar aos resultados pretendidos.*

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

*Theoretical presentation of the course subjects using slides and videos. Resolution of problems using the quality tools. The problems will be solved by groups of students, thus promoting a discussion of different approaches to solve the proposed problems.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino proposta promove a discussão entre alunos dos conceitos ligados à gestão da qualidade. A resolução de problemas práticos recorrendo às ferramentas ensinadas permitirá que o aluno adquira competências na implementação de medidas conducentes à melhoria da qualidade nas organizações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The proposed teaching methodology promotes the discussion between students about the concepts associated with the quality management field. Solving practical problems using the quality tools will allow the students to acquire competencies to implement programs of quality improvement in organizations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Slides e textos de apoio da disciplina.*

*Defeo, J. A. Juran's. Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence, 7ed., McGraw Hill Professional, 2016.*

*Evans, J. R. Quality and Performance Excellence, 6th ed.; Cengage Learning: Deli, Índia, 2012.*

*Montgomery, D. C. Introduction to Statistical Quality Control, 6rd ed.; John Wiley & Sons: Estados Unidos da América, 2009.*

*Duret, D.; Pillet, M. Qualidade na Produção: Da ISO 9000 ao Seis Sigma; LIDEL: Lisboa, Portugal, 2009.*

#### Mapa IV - Instrumentação Industrial

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Instrumentação Industrial*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Industrial Instrumentation*

**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 constituição geral dos diferentes tipos de instrumentos de medida.*

- *Aprender a interpretar detalhadamente as características estáticas e dinâmicas dos instrumentos de medida.*
- *Compreender os princípios de operação fundamentais da instrumentação industrial mais utilizada.*
- *Desenvolver a capacidade de utilizar e especificar instrumentos de medida para a indústria.*
- *Familiarizar-se com tendência para a utilização de sensores digitais e inteligentes.*

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

- *Understand the overall elements of different type of measurement instruments.*
- *Learn to interpret in detail the static and dynamic characteristics of the measurement instruments.*
- *Understand the fundamental operating principles of the more widely used industrial instrumentation.*
- *Develop the skills to use and specify industrial measurement instruments.*
- *Become familiar with the trend towards digital and intelligent instruments.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. Sistemas de medida

*Descrição generalizada dos instrumentos de medida. Tipos de aplicação.*

##### 2. Caracterização dos instrumentos de medida

*Características estáticas e dinâmicas. Sistemas de ordem zero, de primeira e de segunda ordem.*

##### 3. Posição linear e angular

*Transdutor potenciométrico. LVDT. Codificador ótico.*

##### 4. Força

*Strain gauge. Células de carga.*

##### 5. Velocidade e aceleração linear e angular

*Transdutor potenciométrico. LVT. Strain gauge. Transdutores capacitivo e piezoelétrico.*

##### 6. Temperatura

*Termopar. RTD. Termistor. Semicondutor.*

##### 7. Pressão

*Barómetro e manómetro. Transdutores resistivo, capacitivo, potenciométrico, piezoelétrico, indutivo, ótico e semicondutor.*

##### 8. Caudal

*Sensores de ponteira - placa com orifício, Venturi, nozzle, tubo de Pitot. Sensores mecânicos, eletromagnéticos, de vórtices e ultrassónicos.*

##### 9. Nível

*Sondas capacitiva e de condutividade; sensores de pressão diferencial e ultrassónicos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. Measurement systems

*General description of the measurement instruments. Type of application.*

##### 2. Measurement instruments characterization

*Static and dynamic characteristics. Zero order, first order, and second order systems.*

##### 3. Linear and angular position

*Potentiometric transducer. LVDT. Optical encoder.*

##### 4. Force

*Strain gauge. Load cells.*

##### 5. Linear and angular velocity and acceleration

*Potentiometric transducer. LVT. Strain gauge. Capacitive and piezoelectric transducers.*

##### 6. Temperature

*Thermocouple. RTD. Thermistor. Semiconductor.*

##### 7. Pressure

*Barometer and manometer. Resistive, capacitive, potentiometric, piezoelectric, inductive, optical, and semiconductor transducers.*

##### 8. Flow

*Orifice plate, Venturi, nozzle, Pitot tube sensors. Mechanical, electromagnetic, vortex and ultrasonic sensors.*

##### 9. Level

*Capacitive and conductive probes. Differential pressure and ultrasonic sensors.*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Os objetivos da aprendizagem são alcançáveis complementando o estudo teórico dos conteúdos programáticos com a prática laboratorial, estimulando-se a utilização da Internet como veículo de pesquisa de informação. De facto, o conteúdo abrange os tópicos principais da disciplina e permite que o aluno prossiga autonomamente o seu estudo no futuro.*

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

*The learning objectives can be achieved by complementing the theoretical study of the syllabus with laboratory practice, and stimulating the use of the Internet as a vehicle for information search. In fact, the syllabus covers the key topics of*

*the subject enabling the student to continue autonomously its education in the future.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O ensino desta disciplina é teórico-prático com grande ênfase na compreensão e desenho de soluções para problemas concretos de instrumentação o que obrigará os alunos a fazer pesquisa bibliográfica e a preparar exposições breves. Os alunos serão incentivados a trabalhar em grupo.*

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

*This course is taught balancing theory and lab work, with an emphasis on the analysis and design of solutions for specific instrumentation challenges that will require that the students do bibliographic searches and prepare short presentations.*

*Pupils will be encouraged to work in groups.*

**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 que permitem desenvolver a criatividade e a capacidade de resolução de problemas. O trabalho em grupo desenvolve, por outro lado, a capacidade de comunicação e argumentação necessárias à prática profissional.*

**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 that help in developing creativity and problem solving skills. On the other hand, the group working develops the communication and reasoning skills that are necessary in the professional domain.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

- Ernest Doebelin, *Measurement Systems, Application and Design*, McGraw-Hill, 2004.
- John Webster and Halit Eren, *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*, CRC Press, 2014.
- *Selected scientific papers*

**Mapa IV - Instrumentação Optoeletrónica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Instrumentação Optoeletrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Optoelectronic Instrumentation*

**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: 24; TP: 24; PL: 8*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

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

**António Miguel Lino Santos Morgado (T: 24; TP: 24; PL: 8x5 turmas)**

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

**<sem resposta>**

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

***O objetivo da unidade curricular é transmitir os seguintes conhecimentos e competências aos estudantes:***

- princípios físicos e características técnicas dos lasers e dos detetores de luz disponíveis no mercado.***
- propriedades óticas dos diversos tecidos biológicos.***
- mecanismos de interação da luz com os tecidos biológicos.***
- princípios das fibras óticas e das comunicações óticas.***
- fundamentos de técnicas avançadas de imagiologia: tomografia de coerência ótica, microscopia de fluorescência (mono e multifotão).***
- interpretar as folhas de especificações produzidas pelos fabricantes de lasers e detetores de luz.***
- avaliar a irradiância da imagem de uma cena e calcular a relação sinal-ruído na deteção de uma imagem ou de um sinal ótico.***
- calcular a exposição máxima admissível (ocular) e a distância mínima de dano ocular para radiação laser, de acordo com a norma IEC/EN 60825.1.***
- especificar óculos de proteção contra radiação laser de acordo com a norma IEC/EN 60825.1.***

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

***The goal of this curricular unit is to transmit to the students the following knowledge and skills:***

- physical principles and technical features of lasers and light detectors available in the market***
- optical properties of most biological tissues.***
- interaction mechanisms between light and biological tissues.***
- fundamentals of fiber optics and optical communications.***
- the fundamentals of advanced imaging techniques: optical coherence tomography, fluorescence microscopy (single and multiphoton).***
- to understand the data sheets produced by manufacturers of lasers and light detectors.***
- to evaluate the irradiance of an image and calculate the signal-to-noise ratio of a detected image or optical signal.***
- to calculate the maximum permissible exposure (ocular) and the nominal ocular hazard distance for laser radiation, in accordance with the IEC/EN 60825.1 Standard.***
- to specify protection goggles against laser radiation in accordance with the IEC/EN 60825.1 Standard.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1-Noções básicas de radiometria e fotometria***
- 2-Detectores de luz e métodos de deteção***
- 3-Lasers***
- 4-Propriedades óticas dos tecidos biológicos***
- 5-Mecanismos de interação da luz com os tecidos biológicos***
- 6-Utilização segura de lasers: Norma IEC/EN 60825.1***
- 7-Fibras óticas e Comunicações óticas***
- 8-Técnicas avançadas de imagiologia***

**4.4.5. Syllabus:**

- 1-Basic notions of radiometry and photometry***
- 2-Photodetectors and detection methods***
- 3-Lasers***
- 4-Optical Properties of biological tissues***
- 5-Laser-tissue interaction mechanisms***
- 6-Safe use of lasers: IEC/EN 60825.1 Standard***
- 7-Optical fibers and optical communications***
- 8-advanced imaging techniques***

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

***Nesta unidade curricular de especialização, os objetivos estão bem definidos e correspondem a competências técnicas e científicas bem identificadas. O programa da unidade curricular aborda todos os tópicos necessários a que os estudantes adquiram tais competências, sendo fácil a identificação da correspondência direta entre estes tópicos e aquelas competências.***

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

*In this curricular unit, the objectives are well defined and correspond to well identified technical and scientific skills. The program syllabus covers all the topics necessary to acquire such skills, being easy the identification of the direct correspondence between those topics and these skills.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Apresentação dos temas com recurso a exemplos e aplicações na área da engenharia biomédica. Trabalhos laboratoriais. Resolução em grupo, com orientação, de problemas de engenharia que envolvam a aplicação conjunta de conceitos dos diferentes capítulos do programa e o recurso intensivo a folhas de especificações de equipamentos e componentes obrigatória a seminários relativos a temas do programa. Pequeno projeto de instrumentação com apresentação oral. Exame com consulta.*

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

*The syllabus themes are presented using examples and applications in the field of biomedical engineering. Laboratory classes. Solving (in group and with supervision) engineering problems requiring the joint application of concepts from different syllabus chapters and intensive use of equipment and components data sheets. Mandatory presence in seminars addressing syllabus themes. Small instrumentation project with public oral presentation. Open book exams.*

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

*A realização de trabalhos laboratoriais bem como a resolução em grupo de problemas de engenharia com recurso intensivo a folhas de especificações de equipamentos e componentes permite atingir os objetivos da unidade curricular. Estes correspondem a competências técnicas e científicas bem identificadas que o aluno deve adquirir para especificar e projetar instrumentação optoelectrónica. O ensino centrado nos princípios de funcionamento da instrumentação e na análise das folhas de dados dos fabricantes permite que os alunos aprendam a especificar instrumentação eletrónica. A resolução de problemas, a assistência a seminários, e o projeto de instrumentação reforçam a competência de projeto que a disciplina pretende conferir.*

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

*The laboratory works as well as the resolution of engineering problems with intensive use of equipment and components data sheets allows to achieve the curricular unit goals. These correspond to well identified technical and scientific skills that the student must acquire to specify and design optoelectronic instrumentation. Teaching centered on the instrumentation operating principles and in the analysis of manufacturers' data sheets enables students to learn how to specify optoelectronic instrumentation. Problem-solving, assistance to seminars, and the instrumentation project reinforce the design skill that the curricular unit seeks to confer.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*-Lasers and Optical Fibers in Medicine - Abraham Katzir Academic Press, 1993.  
 -A System Engineering Approach to Imaging - Norman S. Kopeika SPIE-International Society for Optical Engine, 1998.  
 -Boulnois JL. Photophysical processes in recent medical laser developments: a review. Lasers Med Sci 1986, 1:47-66.  
 -Handbook of Optical Biomedical Diagnostics, Valery Tuchin, Ed. SPIE Press, Second Edition 2016.  
 -Tissue Optics, Valery Tuchin, SPIE Press, Third edition, 2015.  
 -Biomedical Photonics Handbook, Tuan Vo-Dinh, CRC, Second Edition, 2014.  
 -IEC 60825-1 Safety of laser products Part 1: Equipment classification. requirements and users guide, IEC, 2014.  
 Artigos de revistas científicas / Scientific papers.*

**Mapa IV - Instrumentação para Imagiologia Médica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Instrumentação para Imagiologia Médica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Instrumentation for Medical Imaging*

**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; S: 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):**

*Paulo Alexandre Vieira Crespo (T: 12; TP: 6; S: 6)*

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

*Jaime Baptista dos Santos (T: 4, TP: 2, S: 2)*

*Miguel Sá Sousa Castelo Branco (T: 8, TP: 4, S: 4)*

*Mário João Simões Ferreira dos Santos (T: 4, TP: 2, S: 2)*

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

*Adquirir uma formação teórica e prática na área da Instrumentação para Imagiologia Médica com particular enfoque nos princípios físicos na obtenção dos diferentes tipos de imagens médicas, no princípio do funcionamento dos instrumentos e nas técnicas de aquisição das imagens.*

*Integração de conhecimentos básicos para compreender e relacionar o tipo de informação que uma técnica de imagem pode fornecer, os princípios físicos em que se baseia e a instrumentação que utiliza.*

*Adquirir familiaridade com as técnicas de imagiologia médica mais usadas. Desenvolver capacidade de pesquisa e de uso de literatura apropriada, bem como utilização de outras fontes de informação relevantes para a investigação ou para o desenvolvimento tecnológico.*

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

*To acquire a theoretical and practical training in the area of Instrumentation for Medical Imaging with particular emphasis on physical principles in obtaining the various types of medical imaging, in the principle of operation of instruments and techniques of image acquisition. Integration of basic knowledge to understand and relate the type of information that an imaging technique can provide, the physical principles on which it is based and on the instrumentation they use. Acquiring familiarity with medical imaging techniques commonly used. Ability to search and use the bibliography as well as other sources of information relevant to the research or technological development.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I - Técnicas de imagem por ultrassons*

*Propagação da onda acústica e atenuação.*

*Transdutores ultrassonoros.*

*Técnicas usando o modo transmissão e usando pulso-eco.*

*Sistemas de Imagem e Aplicações: Imagens 2D, 3D e 4D; Modos Doppler.*

*Ultrassons de alta-intensidade: Aplicações clínicas; Bio-efeitos induzidos.*

*II - Imagiologia com raios-X*

*Radiografia: formação da imagem; sistemas de deteção; desempenho dos diferentes sistemas de deteção.*

*Tomografia Axial Computorizada: formação da imagem e sistemas de aquisição da imagem.*

*III - Medicina Nuclear*

*Cintigrafia e SPECT: princípios físicos: câmara gama; limitações; novos desenvolvimentos tecnológicos; as câmaras de última geração.*

*Tomografia por emissão de positrões. Formação e aquisição de imagem. Sistemas de aquisição. Tecnologia e as suas limitações. Desenvolvimentos em curso.*

*IV - Imagiologia por Ressonância Magnética Nuclear*

*Princípios. Sequências de impulsos. Processos de relaxação.*

*Aquisição de imagem e instrumentação.*

**4.4.5. Syllabus:**

**I - Imaging techniques by ultrasound****Propagation and attenuation of the acoustic wave.****Transducers for ultra-sounds.****Techniques that use transmission mode, and pulse-echo mode.****Imaging systems and applications: 2d, 3D, and 4D images, and Doppler modes.****High-intensity ultra-sounds: clinical applications, induced bio-effects.****II - X-ray Imaging****Radiography: image formation, detection systems, performance of the different detection systems.****Computed Tomography: Image formation and its acquisition systems.****III - Radionuclide imaging (nuclear medicine)****Scintigraphy and SPECT: physical principles, the gamma camera, its limitations, new technological developments and the cameras of the latest generation.****IV - Magnetic Resonance Imaging (MRI)****Principles of MRI. Pulse sequences. Relaxation processes. Image acquisition and its instrumentation.**

**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 com a instrumentação mais moderna existente no âmbito da Unidade Curricular, 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 and with insight of the most advanced instrumentation existing within the field of this curricular unit, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of reference schools.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**Aulas teóricas sobre dos princípios físicos em que se baseiam as técnicas e o funcionamento dos sistemas de aquisição. Visitas a Unidades Hospitalares, clínicas privadas e laboratórios de investigação onde possam ocorrer demonstrações (com a participação dos alunos) das técnicas e do equipamento que foi objeto de estudo.**

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

**Lectures on physical principles they are based on the techniques and systems of acquisition. Visits to the hospitals, private clinics and research laboratories where demonstrations might occur (with the participation of students) and with techniques and equipment that was subject of study.**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: As metodologias de ensino adotadas 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. Por exemplo, para além do método expositivo, e dos laboratórios práticos, é ainda solicitado ao aluno que faça investigação num tema do estado da arte da instrumentação para imagiologia médica e que o apresente oralmente na aula.**

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: As metodologias de ensino adotadas 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. Por exemplo, para além do método expositivo, e dos laboratórios práticos, é ainda solicitado ao aluno que faça investigação num tema do estado da arte da instrumentação para imagiologia médica e que o apresente oralmente na aula.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**J. T. Bushberg, J. A Seibert, E. M Leidholdt Jr., J. M. Boone, The essential physics of medical imaging, Wolters Kluwer Health, Lippincott Williams & Wilkins, 2012.**

**S. Webb (ed.), The physics of Medical Imaging, IOP, 1998.**

**J. J. Carr, J. M. Brown, Introduction to Biomedical Equipment Technology, Prentice Hall, 1998.**

**L.A. Geddes and L.E. Baker, Principles of applied biomedical instrumentation, Wiley, New York 1989.**

**Medical imaging physics, Hendee WR e Ritenou ER, Wiley-Liss, 4th ed., 2002.**

**Diagnostic ultrasound imaging, Thomas L. Szabo., Elsevier Academic Press, 2004.**

**MRI, basic principles and applications, M. A. Brown and R.C. Semelka, Wiley-Liss, Hoboken, N.J., 2003.**

**Artigos científicos de revisão selecionados pelo professor. / Scientific review articles selected by the professor.**

**Mapa IV - Instrumentação para o Espaço****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Instrumentação para o Espaço***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Instrumentation for Space***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):***Vitali Iourievitch Tchepel (T: 20; PL: 20)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Rui Miguel Curado da Silva (T: 8; PL: 8)***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Competências específicas principais:**Compreensão das técnicas de instrumentação para deteção de radiação.**Compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos para projetar instrumentação espacial.**Compreensão teórica dos fenómenos físicos subjacentes à instrumentação e às técnicas de deteção.**Capacidade para resolver problemas e implementar soluções.**Competências específicas secundárias:**Competências matemáticas para resolver problemas.**Capacidade para aprender.**Capacidade para procurar e utilizar bibliografia.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Main specific skills:**Understanding the instrumentation techniques for radiation detection.**Understanding the fundamentals, scientific and technological, for projecting space instrumentation.**Understanding the physical phenomena underlying the instrumentation and detection techniques.**Ability to solve problems and to implement solutions.**Secondary specific skills:**Mathematical skills to solve problems.**Ability to learn.**Ability to search and use bibliography.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Introdução: canais de dados em astrofísica (radiação eletromagnética e partículas); especificidade de observações*

*na Terra e no espaço; o efeito da atmosfera terrestre sobre a capacidade observacional.*

*2. Telescópios óticos/IR/UV: tipos principais de telescópios, ótica adaptativa, espectroscopia, interferometria.*

*3. Fotodetetores (UV/visível/NIR): processos de interação da luz com os materiais; características gerais e modos de funcionamento de detetores (PMTs, fotodíodos, APD, SiPMs, CCDs); ruído e relação sinal/ruído.*

*4. Telescópios e detetores na zona de raios-X: interação de raios-X com a matéria; técnica de raios-X de fluorescência na ciência planetária.*

*5. Telescópios e detetores na região de raios gama: interação de raios gama com a matéria; colimação e lentes de Laue; contagens de fundo e sensibilidade de um telescópio; polarimetria.*

*6. Requisitos para a construção de instrumentos a lançar para o espaço.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*1. Introduction: Data channels in astrophysics (electromagnetic radiation and particles); observations in space and on Earth (advantages and challenges); effect of the Earth atmosphere on the observational capacity.*

*2. Optical Telescopes / IR/UV: principal types of telescopes, adaptive optics, spectroscopy, interferometry.*

*3. Photon detectors (UV/visible /NIR): interaction of light with matter; general characteristics and operating modes of photon detectors (PMTs, photodiodes, APD, SiPMs, CCDs); noise; signal to noise ratio.*

*4. X-ray telescopes: interaction of X-rays with matter; detectors and focusing systems; x-ray fluorescence technique in planetary science.*

*5. Gamma-ray telescopes: interaction of gamma-rays with matter; collimation and focusing with Laue lenses; background and sensitivity of a telescope; polarimetry.*

*6. Requirements for building instruments to launch into space.*

#### 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos propostos são os que se julgam convenientes no contexto do mestrado em que se inserem, visando especificamente proporcionar uma sólida formação académica.

*O conjunto de temas propostos varrem os princípios e as técnicas diferenciadas de deteção de radiação, estratificadas consoante a banda de comprimentos de onda do espectro eletromagnético, e são discutidas as técnicas habituais da física da radiação.*

*São também acordadas as questões relativas à análise de dados, rejeição de fundo, eficiência e resolução, fundamentais em qualquer curso desta índole, em que se pretende a par da compreensão dos princípios o domínio da técnica e da capacidade de aplicação prática.*

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

*The proposed contents are considered suitable in the context of the course, aiming specifically to provide a solid academic background.*

*The proposed set of topics sweep the principles and specific techniques of radiation detection stratified according the region of the electromagnetic spectrum, and discuss the standard techniques of radiation physics.*

*Other aspects associated to radiation detection are also covered, like data analysis, background rejection, efficiency, resolution, etc., which are fundamental in any course of this nature, where it is intended to have understanding of the technique principles along with fostering practical application skills.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O método de ensino inclui a apresentação de aulas de exposição e discussão dos trabalhos realizados ou a realizar nas aulas laboratoriais.*

*Nas aulas laboratoriais serão realizados trabalhos experimentais exemplificativos das técnicas de instrumentação habitualmente utilizadas na área da deteção de radiação para astrofísica.*

*A disciplina está organizada em três módulos, que podem ser identificados como: i) instrumentação ótica no visível, IR e UV ii) instrumentação de raios X e iii) instrumentação de raios gama e de altas energias.*

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

*The teaching method includes the classes for discussion of the experimental work to be carried on in the laboratory. In the course of the laboratory classes the students carry on experiments that use and exemplify the techniques at use in the areas of radiation detection and astrophysics.*

*The course is organized in three modules, identified as: i) optical instrumentation, IR and UV ii) X-ray instrumentation, and iii) gamma ray and high energy instrumentation.*

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

*A metodologia proposta tem a coerência intrínseca necessária pois envolve a utilização das técnicas e a compreensão da respetiva fundamentação, segmentada em módulos específicos consoante os grandes domínios específicos da deteção de radiações.*

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

*The proposed methodology has the necessary intrinsic coherence because it involves the use of techniques and an*

*understanding of its fundamentals, organized in specific modules depending on the specific major fields of radiation detection.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Observational Astrophysics, Pierre Léna et al., Springer, 2016 (L'observation en astrophysique, Pierre Léna, EDP Sciences, CNRS Edition, Paris, 2008).*

*An Introduction to Observational Astrophysics, Mark Gallaway, Springer, 2016.*

*Electronic Imagin in Astronomy: Detectors and Instrumentation, Ian S. MaLean, Springer, 2008.*

*Observational Astronomy: Techniques and Instruments, Edmund C. Sutton, CambridgeUniversity Press, 2012.*

*Radiation Detection and Measurement, G. F. Knoll, John Wiley & Sons, 4th ed., 2010.*

*Astrophysical Techniques, C. R. Kitchin, Taylor & Francis, 6th edition, 2014.*

*Óptica, E. Hecht, ed. C. Gulbenkian, 2002.*

**Mapa IV - Mecatrónica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Mecatrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Mechatronics*

**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):**

*Lino José Forte Marques (T: 28; PL: 28)*

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

*Mahmoud Tavakoli (PL: 28x2 turmas)*

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

*A unidade curricular de Mecatrónica visa dotar o estudante dos conhecimentos fundamentais necessários ao projeto e desenvolvimento de sistemas mecatrónicos, com particular ênfase em sistemas de controlo compostos por vários eixos motrizes atuados por atuadores eletromagnéticos. Para atingir este objetivo, o estudante deverá ficar a conhecer o princípio de funcionamento dos principais atuadores eletromagnéticos bem como os respetivos circuitos de eletrónica de potência necessários para comandar esses atuadores a partir de sistemas embebidos baseados em microcontroladores. Deverá ainda ser capaz de implementar software de com restrições de tempo-real que permita controlar os atuadores de acordo com o objetivo estabelecido.*

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

*The Mechatronics course aims at providing students with the fundamental knowledge necessary for the design and development of mechatronics systems, with particular emphasis on control systems composed of several axes droved by electromagnetic actuators. In order to achieve this objective, the student should be aware of the working principle of the main electromagnetic actuators as well as the respective power electronics circuits required to control these actuators with embedded systems based on microcontrollers. It should also be able to implement software with real-time constraints that allow controlling the actuators according to an established objective.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. Sistemas eletromecânicos integrados****2. Mecanismos de transmissão de movimentos**

- *Equações fundamentais da dinâmica de sistemas mecânicos com massas móveis - Dimensionamento de atuadores*

**3. Eletrónica de potência**

- *Características estáticas e dinâmicas dos semicondutores de potência*

- *Interface com circuitos de potência*

- *Circuitos de regulação linear e comutados*

**4. Atuadores eletromecânicos e circuitos de comando**

- *Solenóides e atuadores eletromagnéticos lineares*

- *Motores DC com escovas; motores DC sem escovas; motores de passo*

- *Motores AC; motores de indução e variadores eletrónicos de velocidade*

- *Atuadores piezoelétricos lineares e rotativos*

- *Ligas com memória de forma; polímeros eletroactivos*

**5. Controlo de movimentos**

- *Controlo de velocidade e posição*

- *Sincronização de eixos motores*

- *Sistemas programáveis com múltiplos eixos (robôs, máquinas CNC).*

**4.4.5. Syllabus:****1. Integrated electromechanical systems****2. Mechanisms for motion transmission**

- *Fundamental equations of the dynamics of mechanical systems with moving masses - Sizing of actuators*

**3. Power Electronics**

- *Static and dynamic characteristics of power semiconductors*

- *Interface with power circuits*

- *Linear and switched regulators*

**4. Electromechanical actuators and drivers**

- *Solenoids and linear electromagnetic actuators*

- *Brushed and brushless DC motors; stepper motors*

- *AC motors; induction motors and electronic speed drivers*

- *Linear and rotary piezoelectric actuators*

- *Shape memory alloys; electroactive polymers*

**5. Motion control**

- *Speed and position control*

- *Synchronization of motion axes*

- *Programmable systems with multiple axes (robots, CNC machines).*

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

*Os conteúdos teóricos permitem ao aluno compreender a estrutura de um sistema mecatrónico e ficar a conhecer o funcionamento e métodos de comando e controlo de alguns dos seus elementos fundamentais, tais como atuadores, elementos de transmissão de movimento, eletrónica de comando e software de controlo. Estes conteúdos são sedimentados pela componente prática da cadeira através da realização de pequenos trabalhos laboratoriais que permitem que o aluno implemente conversores comutados para comando de diferentes tipos de atuadores, controlados a partir de microcontroladores e que desenvolva um pequeno projeto mecatrónico onde tenha de controlar os movimentos de um mecanismo composto por vários sensores e atuadores.*

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

*The theoretical contents allow the student to understand the structure of mechatronic systems and to know the working principle and control methods of some of its fundamental elements, such as actuators, motion transmission elements, power electronics and drivers and control software. These contents will be further supported by the practical component of the course through the implementation of laboratory assignments that allow the student to use a microcontroller to control different types of actuators through a power driving circuit.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas do tipo magistral para apresentação teórica dos tópicos do programa com recurso a meios audiovisuais.*

***Aulas práticas laboratoriais para implementação e demonstração dos vários conceitos lecionados nas aulas teóricas e para apresentação dos resultados parcelares de mini-projetos que envolvam o controlo de sistemas mecatrónicos, implementados por cada grupo de trabalho ao longo do semestre letivo.***

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

***Theoretical presentation of the topics of the program using audiovisual means. Practical laboratory classes for the implementation and demonstration of the various concepts taught in the theoretical classes and for presentation of the partial results of mini-projects involving the control of mechatronic systems, implemented by each working group throughout the academic semester.***

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

***A metodologia de ensino adotada procura envolver o aluno no processo de aprendizagem através da realização de trabalhos práticos, cujos fundamentos são ensinados nas aulas teóricas e demonstrados nas aulas práticas. A execução destes trabalhos é realizada em grupo, de forma autónoma, no laboratório de apoio didático. Para implementar estes trabalhos, o aluno terá de utilizar as competências técnicas adquiridas na cadeira e desenvolver competências de auto-aprendizagem, trabalho em grupo e gestão de projeto.***

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

***The adopted teaching methodology tries to involve the student in the learning process through the accomplishment of practical work, whose fundamentals are taught in the theoretical classes and demonstrated in the practical classes. The execution of these works is carried out autonomously by a group of students in the didactic support laboratory. To implement these works, the students will have to use the technical skills acquired in the course and develop skills of self-learning, group work and project management.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

***Principal:***

***- Sabri Cetinkunt, "Mechatronics with Experiments", 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2015.***

***Complementar:***

***- Hakan Gürocak, "Industrial Motion Control: Motor Selection, Drives, Controller, Tuning, Applications" John Wiley & Sons, 2016.***

***- R. Isermann, "Mechatronic Systems: Fundamentals", Springer, 2005.***

***- Klaus Janschek, "Mechatronic Systems Design: Methods, Models, Concepts", Springer, 2012.***

***- T. Kiong, L. Heng, H. Sunan, "Precision Motion Control - Design and Implementation", 2nd ed, Springer, 2008.***

**Mapa IV - Métodos Instrumentais Avançados de Análise**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Métodos Instrumentais Avançados de Análise***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Advanced Instrumental Methods of Analysis***

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

***QT***

**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):

*Maria Ermelinda da Silva Eusébio (T: 14; PL: 14)*

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

*Teresa Margarida Roseiro Maria Estronca (T: 7; PL: 7)*

*Carlos Alberto Lourenço de Serpa Soares (T:7; PL:7)*

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

*Adquirir conhecimentos sólidos em métodos instrumentais avançados de análise (espectroscópicos, cromatográficos, análise térmica, eletroquímicos). Ser capaz de escolher os métodos de análise mais apropriados para responder a diferentes problemas analíticos. Saber tomar e justificar decisões, com base em métodos instrumentais de análise. Adquirir competências que permitam interpretar e sintetizar resultados analíticos e o seu grau de confiança, em contextos relevantes, como controle de qualidade de materiais, em ambiente industrial ou de investigação. Adquirir competências que permitam comunicar as informações de maneira clara e inequívoca e com uma apresentação apropriada, tanto para especialistas como não-especialistas.*

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

*To acquire solid knowledge in advanced instrumental methods of analysis (spectroscopic, chromatographic, thermal analysis, electrochemical). To be able to chose the most appropriate methods of analysis for answering different analytical problems. To be able to make and justify decisions, based on instrumental methods of analysis.*

*To acquire competencies that allow interpreting and synthesising analytical results and their significance, in relevant contexts, such as materials quality control, in industrial or research environment. To acquire competences which will allow to communicate information, clear and unambiguously, with an appropriate presentation, for both specialists and nonspecialists.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*GC-MS. Fontes de ionização, EI, CI: PICI e NICI; HPLC-MS. Interfaces APCI, APPI, ESI. Analisadores de massa.*

*Aquisição de sinal: full scan, SIM. TIC, XIC. Análise quantitativa. Padrão interno*

*Tandem MS. Configurações no espaço. CID. Modos de operação*

*Espectroscopia de absorção molecular UV/VIS. Reflectância difusa. Microespectroscopia UV/VIS. Espectroscopia de infravermelho, ATR, DRIFTS. GC-FTIR. Microespectroscopias de infravermelho e de Raman.*

*Espectroscopia atômica de absorção. Atomização: chama e câmara de grafite. Geração de hidretos e vapor frio. HR-CS-AAS*

*Espectroscopia atômica de emissão. ICP-OES. Ablação com laser*

*Espectrometria de massa atômica. ICP-MS. Interferências. Células de reação e colisão dinâmicas. Método de diluição isotópica. Métodos de análise térmica. Fluorescência de raios- X*

*Microscopia eletrónica de varrimento*

*Microscopia de força atômica*

*Métodos eletroquímicos. Métodos voltamétricos. Métodos potenciométricos. Eletroanálise. Detetores eletroquímicos.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*GC-MS. ionization sources, EI. CI: PICI and NICI; HPLC-MS, interfaces APCI, APPI, ESI. Mass analyzers. Signal acquisition methods, full scan, SIM. TIC, XIC. Quantitative analysis. Internal standard*

*Tandem MS. Space configuration. CID. Operation modes.*

*Molecular absorption ultraviolet-visible spectroscopy, diffuse reflectance. UV/VIS microspectroscopy. Infrared spectroscopy, ATR, DRIFTS. Infrared and Raman microspectroscopies.*

*Atomic absorption spectroscopy, AAS. Flame and graphite furnace atomization. Cold vapor and hydride generation.*

*HR-CS AAS - high resolution continuous source AAS*

*Atomic emission spectroscopy. ICP-OES. Laser ablation*

*Atomic mass spectrometry. ICP-MS. Interferences. Reaction and collision dynamic cells. Isotopic dilution method Thermal methods of analysis.*

*X-ray fluorescence*

*Scanning electron microscopy*

*Atomic force microscopy*

*Electrochemical methods. Voltammetric methods. Potentiometric methods.*

*Electroanalysis. Electrochemical sensors.*

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A disciplina aborda métodos físico-químicos de análise que são selecionados pela atualidade e grande aplicação em controlo da qualidade, em laboratórios de investigação e industriais, e em monitorização ambiental, e que são, como tal, amplamente referenciados na literatura da especialidade.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The course covers physicochemical methods of analysis that are selected for their relevance and wide application in quality control, in research and industrial laboratories, and in environmental monitoring, and that are widely referenced as state of the art in the specialized literature.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Aulas teóricas, demonstrações laboratoriais/aulas laboratoriais.*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Lectures, laboratorial demonstrations/laboratorial work.*
- 4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As aulas de exposição por parte do Professores, com apresentação e discussão detalhada dos princípios subjacentes a cada um dos métodos e das respetivas potencialidades e limitações, são complementadas com demonstrações práticas /aulas laboratoriais que permitem consolidar conhecimentos. Esta abordagem permite atingir os objetivos da disciplina.*
- 4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The lectures given by the Professors, with presentation and detailed discussion of the principles underlying each method and of the respective potentialities and limitations, are complemented with practical demonstrations / practical classes that enable the student to consolidate the acquired knowledge. This approach allows achieving the objectives of the course.*
- 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Principles of Instrumental Analysis, D. A. Skoog, F. J. Holler, S. R. Crouch, 7th ed., Cengage Learning, Boston, 2017.*  
*Mass spectrometry, a textbook, J.H. Gross, 3rd ed., Springer, Heidelberg, 2017.*  
*Handbook of thermal analysis and calorimetry. Recent advances and applications, S. Vyazovkin, N. Koga, C. Schick (eds.), Vol. 6, Elsevier, Amsterdam, 2018.*  
*Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, Y. Leng, Wiley-VCH, Weinheim, 2013.*  
*Practical Instrumental Analysis, S. Petrozzi, Wiley-VCH, Weinheim, 2013.*  
*Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasmas, J. A. C. Broekaert, Wiley-VCH, Weinheim, 2002.*  
*The Essence of Chromatography, C. F. Poole, Elsevier, Amsterdam, 2003.*  
*Electroquímica. Princípios, Métodos e Aplicações C.M.A. Brett e A.M. Oliveira Brett, Livraria Almedina, Coimbra, 1996.*  
*Electroanalysis C.M.A. Brett e A.M. Oliveira Brett, Oxford University Primers N° 64, Oxford, 1998.*

#### Mapa IV - Metrologia

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Metrologia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Metrology*

**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):**

- *Conhecer os conceitos fundamentais da metrologia incluindo o conceito de incerteza e rastreabilidade.*
- *Conhecer o sistema metrológico internacional e as principais normas.*
- *Desenvolver a capacidade para calcular a incerteza associada ao resultado da medição.*
- *Familiarizar-se com os métodos e fontes de incerteza associados à metrologia de precisão em vários domínios.*
- *Resolver problemas de aplicação usando ferramentas de cálculo metrológico.*

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

- *Learn the fundamental concepts of metrology including the concept of uncertainty and traceability.*
- *Learn about the international metrological system and major standards.*
- *Develop the ability to calculate the uncertainty associated with a measurement result.*
- *Become familiar with the methods and uncertainty sources associated with precision metrology in several domains.*
- *Solve application problems using tools for metrological calculations.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. Introdução à metrologia**

*Medida metrológica. Incerteza e rastreabilidade. Sistema Internacional de Unidades. Algarismos significativos.*

**2. Especificação dos instrumentos de teste e medida**

*Exatidão e precisão. Repetibilidade e reprodutibilidade. Linearidade.*

**3. Incerteza de medição**

*Erros sistemáticos e aleatórios. Estatísticas de medição. Cálculo e expressão da incerteza normalizado.*

**4. Calibração**

*Procedimento de calibração. Intervalos de calibração. Cadeia de rastreabilidade dos padrões. Testes de proficiência.*

**5. Metrologia dimensional**

*Comprimento. Diâmetro. Ângulo plano. Fontes de incerteza.*

**6. Metrologia de massa**

*Massa. Volume. Densidade. Massa convencional e correção devida à impulsão.*

**7. Metrologia de tempo**

*Tempo e frequência. Ruído e estabilidade. Disseminação de escalas temporais internacionais.*

**8. Metrologia termodinâmica**

*Temperatura. Pressão. Tipos de termómetros. Fontes de incerteza.*

**9. Metrologia eletromagnética**

*Impedâncias. Corrente dc. Tensão dc. Conversão ac-dc.*

**4.4.5. Syllabus:****1. Introduction to metrology**

*Metrological measurement. Uncertainty and traceability. International System of Units. Significant digits.*

**2. Measuring and test equipment specification**

*Accuracy and precision. Repeatability e reproducibility. Linearity.*

**3. Measurement uncertainty**

*Systematic and random errors. Measurement statistics. Standards for the calculation and expression of the uncertainty.*

**4. Calibration**

*Calibration procedure. Calibration intervals. Standards traceability chain. Proficiency testing.*

**5. Dimensional metrology****Length. Diameter. Plane angle. Uncertainty sources.****6. Mass metrology****Mass. Volume. Density. Conventional mass and impulsion correction.****7. Time metrology****Time and frequency. Noise and stability. International time scales dissemination.****8. Thermodynamic metrology****Temperature. Pressure. Type of thermometers. Sources of uncertainty.****9. Electromagnetic metrology****Impedance. DC current. DC voltage. Conversion ac-dc.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
**Os objetivos relativos à aquisição de conhecimento sobre os conceitos fundamentais da metrologia e a estatística da medição são diretamente alcançáveis através da exposição dos conteúdos programáticos definidos e dos trabalhos laboratoriais.**

**O objetivo relativo à capacidade de cálculo da incerteza é alcançável através da combinação da exposição programática definida e da introdução de ferramentas de cálculo e exemplos nas aulas laboratoriais.**

**Por último, os objetivos relativos à aquisição de conhecimentos sobre a metrologia de precisão em vários domínios são alcançáveis através da apresentação dos conteúdos definidos e complementada pelos trabalhos laboratoriais.**

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

**The knowledge acquisition objectives about the fundamental concepts of metrology and the statistics of the measurement process are directly met through the exposition of the defined syllabus and the lab exercises.**

**The measurement uncertainty ability can be met by exposition mentioned on the syllabus combined with the tools and examples introduced on the lab classes.**

**Finally, the knowledge acquisition objectives related with precision metrology in different domains are met through the exposition of the defined topics and complemented by the lab exercises.**

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

**O ensino é baseado em aulas teórico onde são apresentados os conceitos fundamentais da metrologia e os métodos de medição de precisão em vários domínios utilizando sempre que possível exemplos realistas e concretos.**

**Em complemento, nas aulas laboratoriais são introduzidas e exploradas ferramentas de cálculo e exemplos de aplicação relacionados com os temas apresentados.**

**A avaliação final é constituída por um exame escrito com consulta e pelos trabalhos realizados nas aulas laboratoriais, sendo que o último pode ser um trabalho de síntese sobre um tema de metrologia.**

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

**This course is primarily based on theoretical-practical classes where the fundamental concepts of metrology and precision measurement in several domains are presented using realistic and practical examples whenever possible. Complementarily, support tools and application examples related with the presented topics are introduced and explored in the lab exercises.**

**The final grading comprises a written open-book exam and the exercises of the lab classes, considering that the last lab may be a short monography on metrology topic.**

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

**A metodologia de ensino proposta assenta, em primeiro lugar, na evolução em paralelo das aulas teóricas e das aulas laboratoriais. Desta forma, os conceitos teóricos são explorados e melhor apreendidos através dos exercícios práticos. Em segundo lugar, os mesmos conceitos teóricos apresentados nas primeiras aulas são utilizados para o estudo da metrologia de precisão em domínios variados, assim consolidando o conhecimento da disciplina.**

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

**The proposed teaching methodology is based, on first instance, on the parallel evolution of the theoretical classes and the lab classes. In this way, the theoretical concept are explored and better understood with the lab exercises.**

**On second hand, the same theoretical concepts presented on the first classes are used for the study of precision metrology in varied domains thus consolidating the overall knowledge of the subject.**

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

**- The Metrology Handbook, Jay Bucher, editor. ASQ Quality Press, 2004.**

**- Vocabulário Internacional de Metrologia, Instituto Português da Qualidade, 2012.**

**- ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement, 2008.**

**- ISO 1000:1992 - SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units.**

**- ISO 5725-1:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 1: General principles**

*and definitions.*

*- ISO 5725-2:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.*

*- Selected scientific papers.*

#### Mapa IV - Instrumentação Médica e Hospitalar

##### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Instrumentação Médica e Hospitalar*

##### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Hospital and Medical Instrumentation*

##### 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; 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):

*João Manuel Rendeiro Cardoso (TP: 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):

*Conhecimento geral da instrumentação hospitalar mais comum e dos seus princípios de funcionamento.*

*Capacidade de interpretar as folhas de especificações dos fabricantes de instrumentação médica e hospitalar.*

*Capacidade de realizar a interface entre o pessoal médico hospitalar e as empresas de instrumentação médica e hospitalar.*

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

*General knowledge on the most common medical instrumentation and their operating principles.*

*Ability to read and understand the data and specification sheets from medical and hospital instrumentation manufacturers.*

*Ability to interface between hospital and medical personnel and medical instrumentation companies.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Conceitos básicos de instrumentação médica*

*2. Sensores: princípios e conceitos básicos*

*3. Biopotenciais: origem e instrumentação*

4. **Medição da pressão sanguínea**
5. **Medição de caudal e volume sanguíneo**
6. **Medição de parâmetros do sistema respiratório**
7. **Medição de gases no sangue**
8. **Audiologia**
9. **Instrumentação laboratorial clínica**
10. **Instrumentação de diagnóstico oftalmológico**
11. **Dispositivos terapêuticos**
12. **Dispositivos protéticos**
13. **Segurança elétrica**

#### 4.4.5. Syllabus:

1. **Basic concepts of medical instrumentation**
2. **Sensors: principles and basic concepts**
3. **Biopotentials: origin and measurement instrumentation**
4. **Measurement of blood pressure**
5. **Measurement of blood flow and volume**
6. **Measurements of the respiratory system**
7. **Measurement of blood gases and glucose**
8. **Audiology**
9. **Clinical laboratory instrumentation**
10. **Instrumentation for diagnosis in ophthalmology**
11. **Therapeutic devices**
12. **Prosthetic devices**
13. **Electrical safety**

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

*O programa aborda os conceitos básicos da instrumentação médica (sinais, exatidão, precisão, comparação entre instrumentos, linearidade, características estáticas e dinâmicas) e percorre os diversos campos de aplicação. Ficam de fora os sistemas de imagiologia médica, lecionados noutras unidades curriculares. A opção por uma abordagem vasta, necessariamente não aprofundada, de praticamente todos os campos de aplicação da instrumentação médica permite alcançar os objetivos de proporcionar conhecimento geral da instrumentação hospitalar mais comum e seus princípios de funcionamento e de ensinar a interpretar as folhas de dados e especificações destes equipamentos. O programa inclui ainda seminários de instrumentação médica lecionadas por profissionais na área (engenheiros e clínicos) o que, com a formação de base dos estudantes, permite realizar o objetivo de formar profissionais com a capacidade de fazer a interface entre o pessoal médico e as empresas de instrumentação médica.*

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

*The syllabus covers the fundamentals of Medical Instrumentation (signals, accuracy, precision, comparison between instruments, linearity, static and dynamic characteristics) and addresses the different fields of application, with the exception of medical imaging systems, taught in other curricular units. The option for a wide approach, necessarily not in-depth, of virtually all fields of application of medical instrumentation enables to achieve the goals of providing general knowledge on the most common medical instrumentation and its operating principles and teaching how to understand the data sheets of this equipment. The syllabus also includes medical instrumentation seminars, taught by professionals (engineers and clinicians), which, together with the students basic training, allows to accomplish the goal of training professionals with the ability to make the interface between the medical staff and medical instrumentation companies.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O ensino é baseado em aulas teórico-práticas onde são apresentados os fundamentos e as aplicações da instrumentação mais comum nas instituições hospitalares, e em aulas de seminário em que diversos profissionais na área da Instrumentação Médica apresentam a sua experiência profissional ou os resultados da sua investigação. Os alunos visitarão serviços clínicos para conhecer a realidade das instituições hospitalares em termos de instrumentação médica e a perspetiva do pessoal médico sobre essa instrumentação.*

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

*Teaching is based on theoretical-practical classes where the fundamentals and applications of the more common instrumentation in hospitals are presented, and on seminars in which several professionals in the medical instrumentation field present their professional experience or the results of their research. Students will visit clinical services to know the current status of hospital institutions, in terms of medical instrumentation, and the views of medical personnel on this instrumentation.*

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

*As aulas teórico-práticas permitem transmitir a informação necessária para que os estudantes conheçam os*

*instrumentos que utilização mais comum nos serviços médicos e hospitalares e os seus princípios de funcionamento. A componente prática inclui a resolução de exercícios baseados em exemplos reais de aplicação e com recurso a dados de desempenho e operação de instrumentos reais o que assegura o cumprimento do objetivo de ensinar a interpretar as folhas de dados e especificações destes equipamentos. As aulas de Seminário e a visitas de estudo proporcionam o contacto com profissionais fornecedores e utilizadores de instrumentação médica e suas carreiras e experiências o que constitui uma contribuição essencial para formar profissionais capazes de realizar a interface entre o pessoal médico e as empresas de instrumentação médica.*

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

*Theoretical-practical lessons allow transmitting the information required for knowing the more common instruments used in clinical institutions and their operating principles. The practical component includes problem-solving classes based on real-world application examples and the use of performance and operation data from real instruments. This accomplishes the goal of teaching the students how to understand and use the medical instruments data sheets. Seminary classes and study visits provide contact with both suppliers and users of medical instrumentation and their careers and experiences. This is an essential contribution to train professionals able to perform the interface between the medical staff and medical instrumentation companies.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Medical Instrumentation: Application and Design, John G. Webster, 4th Edition, 2009.  
Biomedical Photonics Handbook, Tuan Vo-Dinh, CRC Press, Vol 1 e Vol II, 2019.  
Introdução à Instrumentação Médica. JH Correia; JP Carmo, Lidel, 2013.  
Artigos de revistas científicas. / Papers in scientific journals.*

**Mapa IV - Interação e Detecção de Partículas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Interação e Detecção de Partículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Particle interaction and detection*

**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:**

*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):**

*Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo (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):****Objetivos:**

**Conhecimentos aprofundados sobre os processos de interação da radiação com a matéria. Conhecimentos detalhados e operacionais sobre vários tipos de detetores de radiação.**

**Objetivos secundários:**

**Desenvolvimento de capacidades de análise e de síntese, de resolução de problemas, análise crítica de dados e resultados. Desenvolvimento da autonomia da aprendizagem e de capacidades de trabalho em laboratório e criatividade. Desenvolvimento de competências de simulação e modelação, usando software genérico e desenvolvimento de pequenos programas**

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

**Deep knowledge of the processes of interaction of radiation with matter. Detailed knowledge of the different types of radiation detectors and their operation.**

**Other learning outcomes:**

**Development of analytical and synthesis reasoning skills, problem-solving and critical analysis of data and results. Development of learning autonomy, creativity and laboratory skills. Development of simulation and modelling skills, using generic software as well as development of small specific programs**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****I - Interação de partículas com a matéria**

- 1. Interação de partículas carregadas com a matéria por colisões atômicas**
- 2. Interação de partículas carregadas por emissão de radiação (Bremstrahlung)**
- 3. Efeito de Cherenkov**
- 4. Dispersão múltipla de partículas.**
- 5. Interação de fótons com a matéria.**
- 6. Interação de neutrões com a matéria.**

**II - Detecção de partículas**

- 1. Características gerais de um detetor**
- 2. Formação dos sinais num detetor: regime contínuo e pulsado.**
- 3. Detetores de ionização: detetores gasosos e de semicondutores**
- 4. Cintiladores**
- 5. Fotodetetores: fotomultiplicadores, APDs e SiPM**
- 6. Técnicas de deteção para identificação de partículas**
- 7. Exemplos de sistemas integrados para experiências de partículas e para aplicações médicas.**

**4.4.5. Syllabus:****I - Interaction of particles with matter**

- 1. Interaction of charged particles with matter through collision**
- 2. Interaction of charged particles with matter by radiation emission (Bremstrahlung)**
- 3. Cherenkov effect**
- 4. Dispersion of multiple particles**
- 5. Photon interaction with matter**
- 6. Neutron interaction with matter**

**II – Particle detection**

- 1. General properties of detectors**
- 2. Signal formation in detectors: continuous and pulsed cases**
- 3. Ionization detectors: gaseous and semiconductor detectors**
- 4. Scintillators**
- 5. Photodetectors: photomultipliers, APDs and SiPM**
- 6. Detection techniques for particle identification**
- 7. Examples of integrated systems for particle experiments and medical applications**

**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):**

*Aulas teóricas com recurso ao quadro negro e à projeção de transparências, apresentações e animações computacionais. A discussão das matérias deve sempre incluir a referência e análise das observações experimentais mais significativas dos fenómenos que estão a ser discutidos. As aulas devem ser sempre abertas à discussão, envolvendo nela os estudantes. Elaboração de problemas de aplicação das matérias lecionadas, para serem discutidos pelos alunos. Estudo de casos típicos. Desenvolvimento de projetos com âmbito mais abrangente e maior profundidade do que os problemas exemplificativos.*

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

*Lectures using blackboard and the presentation of slides and computer animations. The discussion of matters should always include reference and analysis of experimental observations most significant, which are being discussed. The lessons should always be open to discussion, involving the students. Preparation of problems for the application of material taught, to be discussed by the students. Study of typical cases. Development projects with wider scope and greater depth than the sample problems. Discussion of issues and recent observations on the edge of present knowledge.*

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

*As metodologias de ensino adotadas 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. No trabalho laboratorial os alunos terão oportunidade de desenvolver os objetivos de trabalho autónomo, criatividade e as competências de índole laboratorial preconizadas.*

**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 reference schools. During laboratory work the student will train the practical skills including autonomy and creativity.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*W. Leo "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: a how to approach", Springer, 1994.  
G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 3rd edition, John Wiley and Sons, 2000.  
K. Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley and Sons, 1987.  
Claus Grupen and Boris Schwartz, "Particle Detectors", Cambridge University Press; 2 edition, 2008.*

**Mapa IV - Introdução ao Projeto**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Introdução ao Projeto*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Introduction to Project*

**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:**

*486*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*S: 14; OT: 14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*18*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

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

*António Miguel Lino Santos Morgado (S: 14; OT: 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):**

*O objetivo desta unidade curricular é auxiliar o(a) estudante na realização do seu projeto de mestrado e na escrita da dissertação. São ensinados aspetos relacionados com a organização de projetos de engenharia, a escrita de dissertações de mestrado e a ética na engenharia. O(A) estudante deve fazer pesquisa sobre o tema do seu projeto de mestrado e fazer relatórios escritos e orais sobre os objetivos, motivação, contexto e análise de requisitos do projeto de mestrado e sobre o estado da arte desse mesmo projeto. A pesquisa deve ser bibliográfica e, se possível, por consulta a especialistas de organizações externas ao Departamento de Física. Competências mais desenvolvidas: Competência em pesquisa de informação. Competência em gestão da informação. Competência em comunicação com outros especialistas. Competência em comunicação com não especialistas.*

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

*The purpose of this course is to help the student to carry out his/her master project and write the corresponding dissertation. The course addresses topics concerning the organization of engineering projects, the writing of master's dissertations and ethics in engineering. The student must do research about his/her master project make written and oral reports on the objectives, motivation, context and requirements analysis of the master project and on the state of the art of that project. Students should research literature and consult with experts from organizations outside the Department of Physics.*

*Main developed skills: information and literature review; information management; communication with other specialists; communication with non-specialists.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I - Projeto de Engenharia*

*- metodologia de projeto*

*- análise de requisitos*

*- especificação e arquitetura*

*- integração de sistemas*

*- aspetos éticos da engenharia;*

*II - Boas práticas na escrita da dissertação de mestrado*

*Trabalhos a realizar (cada um dos trabalhos terá apresentação oral):*

*1 - Objetivos, motivação, contexto e análise de requisitos do projeto de mestrado do(a) estudante.*

*2 - Apresentação e discussão de artigo científico relacionado com o tema do projeto de mestrado do(a) estudante.*

*3 - Estado da arte relativo ao projeto de mestrado do(a) estudante, incluindo descrição do projeto para não especialista.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I - Engineering Project*

*- Project methodology*

*- Requirements analysis*

*- Specification and architecture*

*- Systems integration*

*- Ethics in engineering;*

*II - Good practices in writing the M.Sc. dissertation*

*Works to be done (all these works will be presented orally):*

*1 - Objectives, motivation, context and requirements analysis of the student's master project.*

*2 - Presentation and discussion of a scientific paper related with the subject of the student's master project.*

*3 - State of the art for the student's master project, including a description of the project for a non-specialist audience.*

**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):**  
*Sistema de avaliação contínua - o docente tem de apoiar regularmente o aluno e este tem de fornecer regularmente informação sobre o seu progresso, tal como os elementos e pessoas consultadas.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*System of continuous assessment - the teacher must support the student regularly and him/her must provide regular information on the progress, and on the elements and people consulted.*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As metodologias de ensino adotadas 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:**  
*Literatura científica e técnica adequadas ao tema.  
Manuais de utilização de aparelhos e notas de especificação de fabricantes.  
Material de promoção e divulgação comercial de aparelhos e sistemas.*

*Escrita Científica, Da folha em branco ao texto final  
Luís Adriano Oliveira  
ISBN: 9789897523403, 2018.*

*Ética em investigação científica  
Luís Adriano Oliveira  
ISBN: 9789727579426, 2013.*

*Managing Complex Technical Projects: A Systems Engineering Approach  
R. Ian Faulconbridge, Michael J. Ryan  
ISBN: 9781580533782, 2002.*

#### **Mapa IV - Projeto**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Projeto*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Project*

**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:****810****4.4.1.5. Horas de contacto:****OT: 42****4.4.1.6. ECTS:****30****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares (OT:42); António Adriano Castanhola Batista (OT:42)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****Cada aluno será sempre orientado por um professor da FCTUC; os coordenadores de curso supervisionam o decorrer deste trabalho pontualmente.******Each student will be supervised by a teacher the FCTUC; the course coordinators will supervise the development of the work, whenever needed.*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****O projeto é uma disciplina de fim de curso com características profissionalizantes. Competências mais desenvolvidas: Competência em pesquisa de informação. Competência em gestão da informação. Competência em resolver problemas de Engenharia do domínio da Engenharia Física. Competência em comunicação com outros especialistas. Competência em comunicação com não especialistas.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****The project is a discipline with professional features. More developed skills: Competence in information research. Competence in information management. Competence in solving engineering problems in the field Engineering Physics. Competence in communication with other specialists. Competence in communication with non-specialists.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****O programa dependerá da área escolhida para o este projeto. É exigido que o tema aborde o estado da arte pelo menos numa área específica.*****4.4.5. Syllabus:*****The program will depend on the area of the project chosen for the seminar. It is required that the subject addresses the state of the art at least in one specific area.*****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):*****O aluno deve fazer pesquisa sobre um tema da área de Engenharia Física com o fim de resolver um problema proposto***

*num ambiente de Engenharia. O desenvolvimento do projeto pode ser feito numa entidade externa ao Departamento de Física, segundo um protocolo estabelecido, sendo sempre orientado por um professor do Departamento de Física e um responsável da entidade externa. O projeto será acompanhado regularmente pelos orientadores, tendo o aluno de fazer um relatório escrito e uma apresentação oral sobre o trabalho efetuado. Terá de ser feita também uma apresentação para não especialistas.*

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

*The student should do research on a topic area of Engineering Physics in order to solve a problem proposed in an atmosphere of Engineering. The development of the project can be done in an entity external to the Department of Physics, according to an established protocol, but there is always a supervisor on the Department of Physics and a supervisor on the external entity. The project will be regularly monitored by the supervisors, with the student having to make a written report and an oral presentation on the work done. A presentation must also be made to non-specialists.*

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

*As metodologias de ensino adotadas 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:**

*Literatura científica e técnica adequadas ao tema. Manuais de utilização de equipamentos e notas de especificação de fabricantes. Material de promoção e divulgação comercial de aparelhos e sistemas.*

*Scientific and technical literature appropriate to the topic. Equipment instruction manuals and manufacturer specification notes. Material for the promotion and commercial dissemination of devices and systems.*

**Mapa IV - Sistemas de Monitorização e Supervisão**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sistemas de Monitorização e Supervisão*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Monitoring and Supervision 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 monitorização e supervisão, suas componentes, funções e características, bem como, a sua evolução no sentido da internet das coisas.*
- *Compreender os princípios de operação fundamentais das redes de comunicação de dados industriais cabladas e sem fios.*
- *Aprender a selecionar as redes de comunicação de dados industriais em função dos requisitos da aplicação.*
- *Desenvolver a capacidade de utilizar e especificar sistemas de monitorização e supervisão.*
- *Definir os requisitos de segurança e privacidade.*

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

- *Understand the overall architecture of monitoring and supervision systems, its components, functions, and features, as well, as its evolution towards the internet of things.*
- *Understand the fundamental operating principles of cabled and wireless industrial data communication networks.*
- *Learn to select the data communication networks based on the application requirements.*
- *Develop the skills to use and specify monitoring and supervision systems.*
- *Define the security and privacy requirements.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. Arquitetura****Arquitetura e hierarquia. Requisitos. Aplicações. Perspetiva histórica.****2. Implementação****Elementos e organização. Descrição da arquitetura operacional.****3. Projeto****Condições de sucesso. Metodologia de gestão: conceção e especificação.****4. Redes de comunicação****Conceitos básicos. Classificação. Componentes principais. Arquitetura em camadas, protocolos, interfaces e serviços.****5. Redes de dados industriais****Classificação. Hierarquia. Contexto histórico. Rede de campo.****6. Redes de dados industriais sem fios****Vantagens e problemas fundamentais. Classificação. Redes de comunicação sem fios. Redes LPWAN.****7. Redes Ethernet de tempo-real****Princípios básicos e limitações. Ethernet comutada. Soluções comerciais.****8. Internet das coisas na indústria****Enquadramento e definição. Aplicações e desafios. Arquiteturas de referência.****9. Segurança****Enquadramento e definições. Classificação das ameaças e ataques. Encriptação. Autenticação. Distribuição de chaves. Protocolos seguros.****4.4.5. Syllabus:****1. Architecture****Architecture and hierarchy. Requirements. Application examples. Historical perspective.****2. Implementation****Elements and organization. Operational architecture description.****3. Project****Success conditions. Project management methodology: conception and specification.****4. Data networks****Basic concepts. Classification. Main components. Layered architecture, protocols, interfaces, and services.****5. Industrial data networks****Classification. Hierarchy. Historical context. Fieldbuses.****6. Wireless industrial data networks****Main advantages and fundamental problems. Classification. Wireless fieldbuses. LPWAN networks.****7. Real-time Ethernet****Basic principles and limitations. Switched Ethernet. Commercial solutions.****8. Industrial Internet of Things****Context and definitions. Applications and challenges. Reference architectures.****9. Security****Context and definitions. Threat and attack classification. Cryptography; Authentication; Key distribution. Secure**

*protocols.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os objetivos da aprendizagem são alcançáveis complementando o estudo teórico dos conteúdos programáticos com a prática laboratorial, estimulando-se a utilização da Internet como veículo de pesquisa de informação. De facto, o conteúdo abrange os tópicos principais da disciplina e permite que o aluno prossiga autonomamente o seu estudo no futuro.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The learning objectives can be achieved by complementing the theoretical study of the syllabus with laboratory practice, and stimulating the use of the Internet as a vehicle for information search. In fact, the syllabus covers the key topics of the subject enabling the student to continue autonomously its education in the future.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*O ensino desta disciplina é teórico-prático, com grande ênfase na compreensão e desenho de soluções para problemas concretos, com recurso a algumas ferramentas de desenvolvimento e simulação. Os alunos serão incentivados a trabalhar em grupo.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*This course is taught balancing theory and lab work, with an emphasis on the analysis and design of solutions for specific problems that involve the use of development and simulation tools. Pupils will be encouraged to work in groups.*

**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 que permitem desenvolver a criatividade e a capacidade de resolução de problemas. O trabalho em grupo desenvolve, por outro lado, a capacidade de comunicação e argumentação necessárias à prática profissional.*

**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 that help in developing creativity and problem solving skills. On the other hand, the group working develops the communication and reasoning skills that are necessary in the professional domain.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*- SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, Stuart A. Boyer, ISA, USA, 2004.  
- Successful Instrumentation and Control Systems Design, Michael Whitt, ISA, USA, 2004.  
- Computer Networks, 4/e, Andrew Tanenbaum, Prentice Hall, 2003.  
- Automation Network Selection, Dick Caro, ISA, USA, 2004.  
- Selected scientific papers.*

#### **Mapa IV - Técnicas Avançadas de Análise de Dados**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Técnicas Avançadas de Análise de Dados*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Advanced Techniques in Data Analysis*

**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:**

*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):**

*José Ricardo Morais Silva Gonçalo (T: 28; TP: 28)*

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

<sem resposta>

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

*A análise de dados em física experimental é hoje em dia de uma enorme sofisticação. Em várias áreas da física, são essenciais técnicas que vão desde o ajuste estatístico de curvas à classificação por aprendizagem automática (machine learning) de eventos de sinal numa multidão de ruído de fundo, ou à determinação da significância estatística de uma descoberta. O objetivo desta unidade curricular é apresentar estas técnicas avançadas de análise de dados, utilizadas por exemplo em física experimental de partículas, mas com crescente aplicação a outras áreas da Física, na tecnologia, e até na finança. Em particular a área da aprendizagem automática tem tido um desenvolvimento muito importante nos últimos anos, que é importante refletir no currículo de Física e Engenharia Física.*

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

*The analysis of scientific data in experimental and theoretical physics has reach a high degree of sophistication. Analysis techniques span a wide range, from data fitting to the classification of signal events in a sea of background through machine learning, or the determination of the significance of a discovery. The objective of this curricular unit is to present these advanced analysis techniques, used for example in experimental particle physics but with widening application in many other areas of physics, technology and even finance. In particular the area of machine learning has had enormous progress in the last few years, which should be reflected in the Physics and Engineering Physics curricula.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

1. *Análise estatística de dados*
  - 1.1. *Conceitos de base*
  - 1.2. *Simulação de Monte Carlo e o seu uso em análise de dados*
  - 1.3. *Métodos multivariacionais de análise*
  - 1.4. *Testes estatísticos e p-values*
  - 1.5. *Teste da hipótese nula e critérios para estabelecer uma descoberta*
  - 1.6. *Estimativa de parâmetros*
  - 1.7. *Limites de confiança*
  - 1.8. *Determinação da sensibilidade experimental*
  - 1.9. *Tratamento de incertezas sistemáticas*
2. *Aprendizagem automática (machine learning)*
  - 2.1. *Técnicas de machine learning em análise de dados experimentais*
  - 2.2. *Supervised learning, e unsupervised learning*
  - 2.3. *Modelos lineares: classificação e regressão*
  - 2.4. *Teste de hipóteses e curva ROC*
  - 2.5. *Técnicas de aprendizagem automática*
  - 2.6. *Aprendizagem profunda (deep learning)*

**4.4.5. Syllabus:**

1. *Statistical data analysis*
  - 1.1. *Base concepts*
  - 1.2. *Monte Carlo simulation and its use in data analysis*
  - 1.3. *Multivariate analysis methods*
  - 1.4. *Statistical tests and p-values*

- 1.5. *Null hypothesis and criteria for a discovery*
  - 1.6. *Parameter estimation*
  - 1.7. *Confidence limits*
  - 1.8. *Determination of experimental sensitivity*
  - 1.9. *Systematic uncertainties*
  - 2. *Machine learning*
    - 2.1. *Machine learning techniques in data analysis*
    - 2.2. *Supervised learning, unsupervised learning*
    - 2.3. *Linear models: classification and regression*
    - 2.4. *Hipotesis testing and ROC curve*
    - 2.5. *Machine learning techniques*
    - 2.6. *Deep learning*
- 4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos permitem completar a formação em Física e Engenharia Física ao incluírem aspetos específicos da análise e ciência dos dados. O conteúdo prático permite que os alunos utilizem ferramentas de ciência dos dados para tratar e analisar dados físicos.*
- 4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The contents supplement the standard Physics and Physics Engineering curriculum with specific topics of data science and data analysis that are relevant in the analysis of physical data. The practical classes will allow the students to use data science tools to analyse physical data.*
- 4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Ensino combinando componentes teórica e prática, de modo a desenvolver as bases avançadas de estatística necessárias à compreensão das ferramentas e técnicas da ciência de dados atual. O conhecimento adquirido é cimentado através do desenvolvimento de projetos eminentemente práticos, com a análise de dados de natureza experimental ou teórica.*
- 4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*This course will combine theoretical and practical teaching components, to develop and firm up the bases in statistics necessary for the understanding of the present-day tools and techniques of data science. The concepts will then be applied to the development of analysis projects employing data of an experimental or theoretical nature.*
- 4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os métodos de ensino adotados cobrem as lacunas dos conhecimentos de base em estatística de modo a permitir a compreensão e o uso das técnicas e ferramentas atuais da ciência de dados, expondo simultaneamente os estudantes ao uso prático destas técnicas através do desenvolvimento de um projeto de análise de dados.*
- 4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methods adopted allow to fill the gap in the students background in statistics necessary for the understanding of current data science tools and techniques, while at the same time giving them a practical exposition to these tools in the development of a data analysis project.*
- 4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Glen Cowan, Statistical Data Analysis, Oxford University Press, 1998.*  
*Ilya Narsky and Frank C. Porter, Statistical Analysis Techniques in Particle Physics, Wiley, 2014.*  
*Luca Lista, Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics, Springer, 2017.*  
*Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.*  
*A. R. Oganov, ed., Modern methods of crystal structure prediction, Wiley, 2010.*  
*T. Lookman, S. Eidenbenz, F. Alexander, and C. Barnes, eds., Materials Discovery and Design By Means of Data Science and Optimal Learning, Springer, 2018.*  
*Jonathan Schmidt, Mário R. G. Marques, Silvana Botti, and Miguel A. L. Marques, Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science, Psi\_k Scientific Highlight Of The Month, March 2019.*

#### Mapa IV - Robótica

4.4.1.1. **Designação da unidade curricular:**  
*Robótica*

4.4.1.1. **Title of curricular unit:**

**Robotics****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****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 Manuel Moreira de Campos Pereira Batista (T: 28; PL: 28x2 turmas)****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****O curso introduz a ciência e engenharia da manipulação mecânica, uma sub-disciplina da Robótica que tem a sua génese em vários campos clássicos da ciência.******Objetivos:******Fornecer aos alunos os conceitos fundamentais da Robótica de manipulação, nomeadamente na******1. Obtenção de modelos geométricos, cinemáticos e dinâmicos de robôs manipuladores.******2. Geração de trajetórias e planeamento de tarefas.******Competências a desenvolver:******Pretende-se que os alunos adquiram competências em análise e síntese, formulação e resolução de problemas, raciocínio crítico, aprendizagem autónoma e capacidade de aplicação de conceitos de cariz teórico a problemas práticos.******Pretende-se fornecer conhecimento (in-depth) em Robótica para aquisição de competências a todos ,******1. "aqueles que pretendam operar e/ou desenvolver aplicações que usem robôs ou sistemas robóticos";******2. "aqueles que pretendam desenvolver/projetar sistemas robóticos"*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****This course introduces the science and engineering of mechanical manipulation, a sub-discipline of Robotics that has its foundation in several classical fields.******Objectives:******Provide students with the fundamental concepts of robotics, particularly in******1. Obtaining geometric, kinematic and dynamic models of robot manipulators.******2. Trajectory generation and task planning.******Skills to develop:******It is intended that students acquire skills in analysis and synthesis, formulation and problem solving, critical thinking, independent learning and ability to apply theoretical concepts of nature to practical problems.******Ultimately, we intend to provide (in-depth) knowledge in Robotics and acquiring competencies to all of******1. "Those who wish to operate and/or develop applications that use robots or robotic systems";******2. "Those who wish to develop/design robotic systems"*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****1. Introdução à robótica.***

2. *Descrições espaciais e transformações.*
3. *Cinemática de manipuladores.*
4. *Cinemática inversa de manipuladores.*
5. *Jacobiano: velocidades e forças estáticas.*
6. *Dinâmica de manipuladores.*
7. *Planeamento de trajetórias: espaço das juntas e espaço tarefa.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction.*
2. *Spacial descriptions and transformations.*
3. *Manipulator kinematics.*
4. *Inverse manipulator kinematics.*
5. *Jacobians: velocities and static forces.*
6. *Manipulator dynamics.*
7. *Trajectory generation: joint space and cartesian space.*

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

*O conteúdo programático da Unidade Curricular pretende apresentar de forma simples e intuitiva os conceitos fundamentais da manipulação Mecânica. São apresentados os conceitos matemáticos fundamentais ao estudo de espaços tridimensionais e transformações de coordenadas, estudando-se em detalhe a cinemática de manipuladores Mecânicos, i.e., o estudo do movimento sem levar em conta as forças que o originam. É também estudada a cinemática diferencial e forças estáticas dedicando uma atenção especial aos Jacobianos e singularidades, sendo finalmente estudada a influência de forças e momentos necessários ao movimento do manipulador, i.e., a dinâmica do manipulador. Conclui-se o curso com a análise do planeamento de movimentos do manipulador em termos de trajetórias no espaço das juntas e no espaço tarefa.*

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

*The syllabus of the course aims to present a simple and intuitive learning of the fundamental concepts of mechanical manipulation, devoting particular attention robot kinematics, i.e., the study of motion without regard to the forces that causes it. We expand our study of kinematics to velocities and static forces devoting a particular attention to Jacobians and singularities. The influence of forces and moments required to cause the motion of a manipulator is also addressed, i.e., the problem of manipulator dynamics, and we conclude the course by studying the aspects of trajectory generation, i.e., describing motions of the manipulator in terms of trajectories through space. We will analyze this problem for the joint-space and working-space scheme.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas magistrais, com recurso a instrumentos audiovisuais, onde é feita uma exposição detalhada dos conceitos, princípios e metodologias fundamentais à Robótica de manipulação, complementada com aulas laboratoriais onde os alunos exercitam os conceitos lecionados na componente teórica através da realização de trabalhos de simulação em ambiente Matlab e usando robôs manipuladores didáticos. São fornecidos diversos problemas exemplo para resolução (homeworks), que refletem o cariz dos vários testes avaliativos realizados ao longo do curso.*

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

*Theoretical classes, using audio-visual means, where a detailed exposition of the concepts, principles and methodologies fundamental to Robotic Manipulation is presented, complemented by Laboratory classes where students exercise the concepts taught in the theoretical component by performing simulation studies in Matlab and using scholar manipulator robot. In parallel a set of homework problems is handed to students that intended to reflect the nature of the various mid-term tests of the course.*

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

*A estratégia e método de ensino adotado procuram envolver o aluno num processo contínuo de aprendizagem, permitindo-lhe exercitar as matérias lecionadas nas aulas teóricas quer através da realização de pequenos trabalhos laboratoriais quer através da resolução autónoma de problemas tipo. Com esta abordagem, os alunos sentem-se diretamente envolvidos no processo de aprendizagem e de valorização pessoal, permitindo-lhe desenvolver competências técnico-científicas específicas da UC e simultaneamente competências genéricas, de natureza mais instrumental, pessoal e sistémicas.*

*O conhecimento transmitido nas aulas magistrais é gradualmente transposto para as aulas laboratoriais através de vários labworks&homeworks, nos quais o aluno é induzido a aplicar e validar os conceitos adquiridos, permitindo o desenvolvimento de competências de análise de problemas, raciocínio crítico e aprendizagem autónoma.*

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

*The strategy and method of teaching adopted seek to engage the student in a continuous process of learning, allowing*

*them to practice the theoretical concepts taught on master classes either by implementing small labwork or through the solving of typical robotics problems. With this approach, students feel directly involved in the process of learning and personal enhancement, allowing them to develop specific technical and scientific skills in robotics and also lead to the development of generic competences of personal and systemic nature. The knowledge imparted in the master classes is gradually implemented in the laboratory classes through various labworks&homeworks, in which the student is asked to apply and validate the concepts acquired, allowing the development of skills of problem analysis, critical thinking and independent learning.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Livros recomendados para estudo durante grande parte do curso:*

*John J. Craig, Introduction to Robotics : Mechanics and Control, Third Edition, Prentice Hall, 2005.*

*M. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, Robotics Modeling and Control, John Wiley&Sons, 2005.*

*Bibliografia alternativa:*

*B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics: Modelling, Planning and Control, Springer, 2009.*

*P. McKerrow, Introduction to Robotics, Addison-Wesley, 1993.*

*J. Batista, Diapositivos das aulas teóricas de Robótica, DEEC-FCTUC, 2012-2019.*

### Mapa IV - Semicondutores e Nanoestruturas

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Semicondutores e Nanoestruturas*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Semiconductors and Nanostructures*

#### 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:

*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):

*Rui César do Espírito Santo Vilão (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):

*Objetivos principais:*

*Conhecimento aprofundado da física dos semicondutores e do funcionamento dos dispositivos semicondutores mais importantes. Conhecimentos teóricos dos fenómenos físicos, incluindo a descrição quântica das propriedades da matéria. Capacidade de resolução de problemas relativos a esta matéria.*

**Objetivos secundários:**

*Desenvolvimento de capacidades laboratoriais, nomeadamente na utilização de equipamentos de medida de propriedades elétricas de semicondutores tais como amplificadores lock-in ou eletrômetros.*

*Desenvolvimento de capacidades de busca bibliográfica.*

*Familiarização com as fronteiras da investigação atual em semicondutores e suas aplicações.*

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

*Detailed knowledge of physics (semiconductors and their technological applications). Theoretical understanding of physical phenomena (including the description of the quantum properties of matter).*

*Problem solving in this specific area.*

**Other learning outcomes:**

*Development of laboratory skills, namely on the measurement of the electric properties of semiconductors, including manipulation of instrumentation such as lock-in amplifiers or electrometers.*

*Ability to search for and use bibliographic references.*

*Becoming acquainted with the frontiers of research in semiconductors and applications.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Introdução aos materiais semicondutores. Eletrões e lacunas eletrónicas. Massa efetiva. Estrutura eletrónica e estrutura de bandas. Dinâmica de eletrões e lacunas em campos elétricos e magnéticos.*

*2. Estatística dos portadores de carga. Defeitos e impurezas. Semicondutores dopados.*

*3. Propriedades de transporte. Condução elétrica e mecanismos de dispersão. Condução na presença de campos magnéticos e de campos elétricos elevados. Difusão.*

*4. Propriedades óticas: Absorção fundamental. Excitações interbandas assistidas por fonões. Excitações por portadores de cargas livres. Fotocondutividade.*

*5. Dispositivos semicondutores. Junção p-n. Díodos, transístores e suas aplicações.*

*6. Heteroestruturas e nanoestruturas. Pontos quânticos e poços quânticos. Super-redes. Efeito de Hall quântico.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Introduction to semiconductor materials. Electrons and holes. Effective mass. Electronic band structure. Dynamics of electrons and holes in applied electrical and magnetic fields.*

*2. Statistics of charge carriers. Impurities and defects. Doped semiconductors.*

*3. Transport properties. Electric conduction and scattering mechanisms. Conduction in the presence of magnetic fields and of high electric fields. Diffusion.*

*4. Optical properties. Fundamental absorption. Interband excitons assisted by phonons. Excitons by free charge carriers. Photoconductivity.*

*5. Semiconductor devices. p-n junction. Diodes, transistors and its applications.*

*6. Heterostructures and nanostructures. Quantum dots and quantum wells. Super-lattices. Quantum Hall effect.*

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

*Os conteúdos programáticos são os conteúdos "clássicos" de qualquer disciplina de Semicondutores em escolas de referência e 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 corresponds to the "classical" syllabus in semiconductors in any reference school and 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):**

*Alguns dos tópicos serão abordados de forma expositiva, outros serão propostos ao estudante para desenvolvimento autónomo, após uma breve introdução nas aulas. Os alunos farão um conjunto de trabalhos laboratoriais na área. Os alunos deverão consultar bibliografia especializada sobre alguns dos tópicos cobertos pelo programa.*

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

*Some of the topics will be taught in expositive lessons, others will be offered to the student for independent development, after a brief introduction in class. Students will make a set of laboratory work in the area. Students should consult specialized literature on some of the topics covered by the program.*

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

**As metodologias de ensino adotadas 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:**

***Physics of Semiconductors - an introduction including nano physics and applications, 2nd edition, M. Grundmann, Springer (2010) ISBN: 3642138837.***

***Band theory and the electronic properties of solids, J. Singleton, Oxford University Press (2001) ISBN: 0198506449.***

***Optical properties of solids, 2nd edition Mark Fox, Oxford University Press (2010) ISBN: 0199573379.***

***Física dos Semicondutores, Mikhail Vasilevskiy e Isabel Calado Ferreira, Almedina (2005) ISBN 972402654X.***

***Semiconductor Device Physics and Design, U. K. Mishra and J. Singh, Springer (2008) ISBN: 9781402064807.***

#### **Mapa IV - Sensores Inteligentes**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Sensores Inteligentes***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Smart Sensors***

**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):**

***Lino José Forte Marques (T: 28; PL:28x3 turmas)***

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

***<sem resposta>***

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

***A unidade curricular de Sensores Inteligentes visa dotar o estudante dos conhecimentos fundamentais necessários ao projecto e desenvolvimento de sensores inteligentes. Para atingir este objetivo, o estudante deverá ficar a conhecer os principais métodos de transdução e de condicionamento de sinal bem como ser capaz de utilizar sistemas embebidos baseados em microcontroladores com capacidade de aquisição, processamento e comunicação de dados. Estes***

**conhecimentos deverão melhorar os conhecimentos de eletrónica analógica e digital e dar ao estudante a capacidade de projetar, implementar e programar um sensor inteligente de média complexidade e integrar esse sensor num sistema de monitorização ou controlo distribuído com capacidade de interface com computadores.**

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

*The Smart Sensors course aims to provide students with fundamental knowledge necessary for the design and development of smart sensors. To achieve this objective, the student should learn the main methods of transduction and signal conditioning as well as being able to use embedded systems based on microcontrollers capable of signal acquisition, processing and data communication. This knowledge should give the student the ability to design, implement and program a smart sensor of medium complexity and integrate this sensor in a monitoring or distributed control system with ability to interface with high-level computers.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### **Programa teórico**

- 1. Introdução aos sensores inteligentes**
- 2. Características e parâmetros de desempenho dos sensores**
- 3. Princípios físicos de transdução e principais tipos de sensores**
- 4. Circuitos avançados de condicionamento de sinal**
- 5. Aquisição e processamento de dados sensoriais**
- 6. Redes de sensores**

##### **Programa prático**

- 1. Microcontroladores: interface e programação**
- 2. Sensores baseados na medição de tempo e frequência**
- 3. Circuitos comutados de condicionamento de sinal**
- 4. Referências de tensão e aquisição de sinais**
- 5. Detecção de fase e deteção síncrona**
- 6. Calibração, linearização e compensação**
- 7. Redes de sensores**

#### 4.4.5. Syllabus:

##### **Theoretical program**

- 1. Introduction to smart sensors**
- 2. Characteristics and performance parameters of the sensors**
- 3. Principles of physical transduction and main types of sensors**
- 4. Circuits for advanced signal conditioning**
- 5. Sensory data processing**
- 6. Sensor Networks**

##### **Laboratory program**

- 1. Microcontrollers: interfacing and programming**
- 2. Sensors based on time and frequency measurement**
- 3. Signal conditioning based on switched circuits**
- 4. Voltage references and signal acquisition**
- 5. Phase and synchronous detection**
- 6. Calibration, linearization and compensation**
- 7. Sensor Networks**

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

*Os conteúdos teóricos permitem ao aluno compreender a importância dos sensores inteligentes num contexto atual, repleto de dispositivos com capacidade de detetar eventos ou medir grandezas e partilhar os valores adquiridos com outros dispositivos ligados em rede (internet das coisas). Os tópicos 2 e 3 permitem que o aluno conheça os principais tipos de sensores, os seus meios de transdução e as suas limitações. O tópico 4 procura dotar o estudante de capacidades de síntese em eletrónica analógica de condicionamento de sinal avançada, incluindo métodos de deteção coerente, métodos de compensação, ganho ajustável. Os tópicos 5 e 6 introduzem as redes de sensores e alguns métodos de filtragem e estimação distribuída. Em paralelo com estes tópicos, as aulas laboratoriais vão exemplificando a aplicação destes assuntos na implementação de sensores simples.*

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

*The theoretical contents allow students to understand the importance of smart sensors in our current World fulfilled of devices capable of detecting events or measuring physical or chemical quantities and share the acquired values with other devices connected to an internet of things (IoT). Topics 2 and 3 let the student know the main types of sensors, their means of transduction and their limitations. The topic 4 seeks to provide students with synthesis capabilities in analog electronics and advanced signal conditioning, including coherent detection methods, methods of automatic compensation and self-calibration. Topics 5 and 6 introduce sensor networks and methods for filtering and distributed estimation. Running in parallel with the theoretical lectures, the laboratory classes exemplify the learnt concepts and*

*propose their implementation in simple sensors.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas do tipo magistral para apresentação teórica dos conteúdos do programa com recurso a meios audiovisuais. Aulas teórico-práticas para demonstração de vários conceitos lecionados nas aulas teóricas e aulas laboratoriais, para implementação e apresentação dos resultados parcelares de mini-projetos de sensores inteligentes, implementados por cada grupo de trabalho ao longo do semestre letivo.*

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

*Master classes for theoretical presentation of the program contents using audiovisual media. Theoretical-practical classes to demonstrate various concepts taught in lectures and laboratory classes, for implementation and presentation of the partial results of smart sensor projects, implemented by each working group throughout the semester.*

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

*A metodologia de ensino adotada procura envolver o aluno no processo de aprendizagem através da realização de um pequeno projeto de sensor inteligente cuja evolução é acompanhada e avaliada em diversas fases ao longo do semestre. Para implementar esse projeto o aluno terá de utilizar as competências técnicas adquiridas na cadeira e desenvolver competências de auto-aprendizagem, trabalho em grupo e gestão de projeto necessárias à boa execução do trabalho.*

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

*The teaching methodology adopted seeks to involve students in the learning process by proposing the project of a smart sensor whose progress is monitored and evaluated in various stages throughout the semester. To implement this project the student will have to use the expertise acquired in the course and develop self-learning skills and teamwork and project management skills in order to properly carry-out the work.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Bibliografia principal:*

- *Jacob Fraser, "Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications", 5th ed. Springer, 2016.*
- *Lino Marques, "Manual laboratorial de Sensores Inteligentes", Universidade de Coimbra, 2018.*
- *Lino Marques, "Slides de suporte às aulas de sensores inteligentes", 2007-2018.*

*Bibliografia complementar:*

- *Frank, Randy, "Understanding smart sensors", 3rd ed. Artech House, 2013.*
- *Ramón Pallás-Areny, John G. Webster, "Sensors and Signal Conditioning", 2nd ed, John Wiley & Sons, 2000.*
- *John P Bentley, "Principles of Measurement Systems", 4th ed, Pearson, 2005.*
- *Walt Kester, et al, "Sensor Signal Conditioning", Analog Devices, 2002. (online: [www.analog.com](http://www.analog.com))*
- *Mark Johnson, "Photodetection and Measurement: Maximizing Performance in Optical Systems", McGraw-Hill, 2003.*
- *Lucio Di Jasio, "Programming 16-Bit PIC Microcontrollers in C: Learning to Fly the PIC 24", 2nd ed. Newnes, 2011.*

**Mapa IV - Simulação e Métodos de Monte Carlo**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Simulação e Métodos de Monte Carlo*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Simulation and Monte Carlo Methods*

**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:**

**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):**

***Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo (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):**

- 1. O aluno deve saber usar o método dos elementos finitos na resolução de problemas computacionais.**
- 2. O aluno deve compreender a fundamentação do método de Monte Carlo, deve saber realizar a sua implementação e reconhecer as limitações do método.**

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

- 1. The student should be able to use the finite elements method in the resolution of computational problems.**
- 2. The student should understand the Monte Carlo method and be able to implement it and also identify its limitations.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Simulação em Dinâmica de Fluidos***

***O método dos elementos finitos em 2D: funções de base e o correspondente sistema linear para um problema genérico. Estruturas para implementação do método dos elementos finitos. O método de Galerkin e a resolução de uma equação diferencial linear de 2ª ordem com condições de fronteira de Dirichlet.***

***Aplicações.***

***O Método de Monte Carlo***

***Simulação de processos estocásticos, caminhos aleatórios e distribuições de probabilidade. Técnicas de redução de variância.***

***As formas fraca e forte da lei dos grandes números. O teorema do limite central.***

***Importance sampling e cadeias de Markov. O caso de um espaço discreto e a matriz de transição. Propriedades da***

***matriz de transição. Valores próprios da matriz de transição. O caso de um espaço contínuo. Distribuições***

***estacionárias de uma cadeia de Markov e convergência da cadeia de Markov. Os algoritmos de Metropolis-Hastings e***

***de Metropolis e outras técnicas para realizar o importance sampling.***

***Aplicações.***

**4.4.5. Syllabus:**

***Simulation in fluid dynamics***

***2-D finite elements method: base functions and corresponding linear system for a generic problem. Structures for the implementation of finite elements method. Galerkin method and resolution of a 2nd order differential equation with Dirichlet boundary conditions.***

***Applications.***

***Monte Carlo Method***

***Simulation of stochastic processes, random walks and probability distributions. Variance reduction techniques.***

***Weak and strong formulation of the law of large numbers. Central limit theorem.***

***Importance sampling and Markov chains. Discrete case and transition matrix. Transition matrix properties. Transition matrix eigenvalues. Continuous space case.***

***Markov chain stationary distributions and convergence. Metropolis and Metropolis-Hastings algorithms and other***

***techniques to implement importance sampling.***

***Applications.***

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

***Os métodos de elementos finitos e de Monte Carlo são apresentados como ferramentas poderosas na resolução de problemas de índole diversa, quer no âmbito da Física, quer fora desse âmbito. As aulas teóricas fornecem a base para***

*a resolução de problemas e dão o suporte teórico e as possibilidades dos dois métodos, bem como as limitações de cada um, permitindo decidir quando e como usar cada método, estabelecer e criar modelos adequados às situações em estudo e ainda decidir quais as opções mais convenientes em cada caso, em termos de custo computacional, rigor, precisão exigidos. A conjugação com as aulas práticas dá a experiência necessária para prever o sucesso de uma aplicação. No final os alunos escolhem um projeto para o qual criam um modelo, implementam esse modelo, obtêm resultados e discutem-nos, provando assim a aquisição de conhecimentos ao longo do curso.*

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

*The finite elements and Monte Carlo methods are presented as powerful programming tools for the resolution of several problems in the physics area but also beyond it. In the theoretical classes the basis for the problems' resolution are given, as well as the possibilities and limitations of each of the methods, allowing the student to decide which method to use for each situation, and to establish and create adequate models for each situation, depending on the precision and computational cost required.*

*The practical classes give the student the necessary experience to produce and predict the result of an application. In the end of the course, the students choose a project for which they create a model, implement that model, obtain results and discuss them, thus proving that they have acquired the intended knowledge throughout the course.*

#### 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*-Aulas teóricas com recurso ao quadro e projeção de transparências e animações computacionais;*

*- discussão das matérias incluindo o estudo de casos exemplificativos.*

*- desenvolvimento de projetos que procurem resolver problemas exemplificativos de casos frequentes, em vários domínios da física - ou outros.*

*Procura-se desenvolver o espírito crítico e a criatividade dos alunos encorajando-os a sugerir ideias ou temas cuja solução possa ser dada usando os métodos lecionados. Exemplos de modelos para situações típicas.*

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

*Lectures use the blackboard and occasionally slide projection. They intend to be a discussion of the subjects and include examples; students are encouraged to participate in these discussions. Examples discussed in lectures can and will, whenever possible, include case studies and typical applications, either in Physics or in other subjects.*

*We also aim to develop students creativity and curiosity by encouraging them to suggest ideas, themes, problems to be solved by the methods taught.*

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

*Os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas teóricas são postos em prática nas aulas práticas, onde os alunos são colocados perante problemas que podem ser resolvidos pelo métodos computacionais lecionados.*

*Ainda nas aulas práticas, os alunos investigam e exploram as diferentes arquiteturas de geradores de números aleatórios, comparam-nas e estabelecem as vantagens e desvantagens de cada uma delas.*

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

*Students will show their problem solving skills and their learning stage in tutorial classes where they are confronted with problems which they will solve by the application of the acquired knowledge.*

*They will also explore and investigate different random number generators' architectures, which they compare, test and learn how to decide which one to choose in each situation.*

#### 4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Oleg Zikanov, Essential Fluid Dynamics, Wiley, 2010.*

*H. Versteeg, An Introduction to Computational Fluid Dynamics: the finite volume method, Pearson, 2007.*

*William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, Numerical Recipes, Cambridge University Press, 2007.*

*David P Landau, Kurt Binder, A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics, Cambridge University Press, 2014.*

*Daan Frenkel, Berend Smit, Understanding Molecular Simulations: from algorithms to applications, Academic Press, 2001.*

*Colin Morningstar, The Monte Carlo Method in Quantum Field Theory, arXiv:hep-lat/0702020, 2006.*

### Mapa IV - Técnicas de Análise de Materiais

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Técnicas de Análise de Materiais*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

### **Experimental techniques for Materials Characterization**

#### **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:**

**T: 14; PL: 42**

#### **4.4.1.6. ECTS:**

**6**

#### **4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

#### **4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

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

**Manuela Ramos Marques da Silva (T: 14; 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):**

**Proporcionar uma introdução aos princípios e práticas de difração (Single Crystal e Powder XRD), incluindo difração por amostras pouco cristalinas para permitir o estudo da estrutura de líquidos, vidros e, o mais importante, polímeros e biomoléculas. Proporcionar os fundamentos de outras técnicas (microscopia, espectroscopia e análise térmica), incluindo instrumentação, preparação de amostras e a aplicabilidade dessas técnicas, a fim de fornecer as bases essenciais para seleção e hierarquização. Proporcionar experiência prática nas técnicas estudadas e na elaboração de relatórios laboratoriais. Proporcionar experiência na consulta de bases de dados internacionais.**

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

**Provide an introduction to the principles and practice of diffraction (Single Crystal and Powder XRD) including non-crystalline diffraction to allow the study of the structure of liquids, glasses, and most importantly polymers and biomolecules.**

**Provide the basics of other techniques including instrumentation, samples preparation and the applicability of these techniques in order to provide the essential groundwork for select and ranking them. Other techniques in the course include microscopy, spectroscopy and thermal analysis.**

**Provide practical experience in laboratory methods and reporting.**

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**Teoria fundamental, modo de funcionamento e aplicação de métodos de difração de raios X como os métodos mais eficazes para determinar a estrutura cristalina dos materiais.**

**Introdução à Microscopia eletrónica de varrimento (MEV) como o tipo de microscopia eletrónica mais utilizado.**

**Princípios e características básicas de trabalho: imagens topográficas e de composição química.**

**Introdução a espectrômetros de fluorescência de raios X e microanálise em microscópios eletrónicos. Breve introdução dos métodos de análise quantitativa por XRF e espectroscopia de energia dispersiva (EDS) em microscópios eletrónicos (EM).**

**Introdução a dois métodos espectroscópicos: espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e microscopia Raman. Visão geral dos métodos para interpretações de espectros vibracionais.**

**Técnicas de análise térmica mais utilizadas para caracterização de materiais: termogravimetria, análise térmica diferencial e calorimetria diferencial de varrimento.**

**4.4.5. Syllabus:**

*Fundamental theory, basic operation, and application of X-ray diffraction methods as the most effective methods for determining the crystal structure of materials.*

*Scanning electron microscopy (SEM) as the most widely used type of electron microscopy. Basic working principles and features: topographic and compositional images.*

*Introduction to both X-ray fluorescence spectrometers and microanalyzers in electron microscopes. Brief introduction of the methods of quantitative analysis by XRF and energy dispersive spectroscopy (EDS) in electron microscopes (EM).*

*Introduction to two spectroscopic methods: Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and Raman microscopy. Overview of the methods for vibrational spectrum interpretations.*

*Outline of most commonly used thermal analysis techniques for materials characterization: thermogravimetry, differential thermal analysis and differential scanning calorimetry.*

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

*Os tópicos do programa cobrem as técnicas analíticas mais importantes para a caracterização de materiais, no que diz respeito às suas diferentes propriedades (estruturais, térmicas, óticas, mecânicas). A abordagem é eminentemente prática, com aprendizagem em contexto de laboratórios de investigação, desta forma concretizando os objetivos da unidade curricular.*

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

*The topics of the program cover the most important analytical techniques for the characterization of materials, with respect to their different properties (structural, thermal, optical, mechanical). The approach is eminently practical, with learning in the context of research laboratories, in this way fulfilling the objectives of the curricular unit.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Os tópicos serão apresentados pelo professor ou por especialistas convidados, usando slides, vídeos ou demonstrações práticas. A aprendizagem é feita, sobretudo, em contexto de laboratório científico, onde os estudantes terão de realizar um conjunto de trabalhos práticos. O trabalho será realizado no laboratório TAIL-UC localizado no Departamento de Física, onde a maioria das técnicas analíticas estão disponíveis, bem como em noutros laboratórios de investigação dos Departamentos de Física, Química, Farmácia ou Geologia da UC.*

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

*Topics will be presented by the teacher or by invited experts, using slides, videos or practical demonstrations. The learning is done, above all, in a scientific laboratory context, where the students will have to carry out a set of practical works. The work will be done in the TAIL-UC laboratory located in the Department of Physics, where most of the analytical techniques are available, as well as in other research laboratories of the Departments of Physics, Chemistry, Pharmacy or Geology of the UC.*

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

*As metodologias de ensino preconizadas, onde a prática realizada em laboratório de investigação é a componente essencial, promoverão a aprendizagem das principais técnicas de análise de materiais e proporcionarão experiência prática nas técnicas estudadas.*

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

*The recommended teaching methodologies, where the practice carried out in a research laboratory is the essential component, promote the learning of the analysis techniques and provide practical experience in the explored techniques.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**

*Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, Yang Leng, 2008, ISBN:9780470822982.*

*Physical Methods for Materials Characterisation, Peter E. J. Flewitt, Robert K. Wild, 2017, CRC Press, ISBN-10: 148224523X.*

*Elements of Modern X-Ray Physics, J. Als-Nielsen, D. McMorrow, 2011, Wiley. ISBN: 0470973943.*

*Bioinspired Materials for Medical Applications, Edited by Lígia Rodrigues and Manuel Mota, 2017, Woodhead Publishing Series in Biomaterials, ISBN 978-0-08-100741-9.*

*Apontamentos do professor.*

**Mapa IV - Tecnologias Quânticas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

## **Tecnologias Quânticas**

### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Quantum Technologies***

### **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:**

***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):**

***Maria Helena Almeida Vieira Alberto (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):**

***Princípios físicos de sistemas usados em informação quântica, nomeadamente os que são baseados em magnetismo, supercondutividade e ótica quântica. Descrição de alguns dispositivos tecnológicos de base quântica. Modelação e resolução de problemas envolvendo a utilização do computador quântico da IBM. Capacidade para procurar bibliografia e explicar um artigo recente. Estar familiarizado com as fronteiras de investigação em tecnologias quânticas.***

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

***Physical basis of systems used in quantum information, namely those based in magnetism, superconductivity and quantum optics. Description of some quantum based technological devices. Modeling and solving problems using the IBM quantum computer. Ability to search bibliography and present a recent paper to an audience. To be familiar with the frontiers of research in quantum technologies.***

### **4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Informação quântica e conceito de qubit.***
- 2. Magnetismo e sua explicação quântica. Qubits de spin e aplicações tecnológicas.***
- 3. Supercondutividade e sua explicação quântica. Efeito Josephson. Interferência quântica e SQUIDS. Qubits de supercondutores e a sua utilização em computadores quânticos.***
- 4. Ótica quântica para transmissão de informação quântica e encriptação quântica. Protocolos de distribuição quântica de chaves, verificação de identidade e correção de erros em comunicações quânticas.***
- 5. Qubits e portas lógicas quânticas. Implementação de operações sobre qubits. Perda de coerência. Estados entrelaçados e teletransporte. Circuitos quânticos e sua implementação num computador quântico.***

### **4.4.5. Syllabus:**

- 1. Quantum information and concept of qubit.***

2. *Quantum basis of magnetism. Spin qubits and their applications.*
3. *Quantum basis of superconductivity. Josephson effect. SQUIDs and quantum interference. Superconducting qubits and its use in quantum computers.*
4. *Quantum optics for quantum communications and quantum encryption. Quantum key distribution protocols, identity verification and error correction in quantum communications.*
5. *Qubits and quantum logic gates. Operations on qubits. Decoherence. Entangled states and teleportation. Quantum circuits and its implementation in a quantum computer.*

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos cobrem os tópicos principais necessários para ter uma visão geral do estado atual da investigação em tecnologias quânticas e dos fundamentos físicos dessas tecnologias; estes conteúdos programáticos são os adequados para que um aluno consiga ler e explicar um artigo recente em tecnologias quânticas, escrever um circuito quântico e submetê-lo a um computador quântico ou iniciar investigação na área de comunicações quânticas.*

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus covers the main topics needed to gain an overview of the current state of research in quantum technologies and the physical foundations of those technologies; these syllabus are suitable for a student to be able to read and explain a recent article on quantum technologies, write a quantum circuit and submit it to a quantum computer or start research in the field of quantum communications.*

4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Alguns dos tópicos serão abordados de forma expositiva, outros serão propostos ao estudante para desenvolvimento autónomo, após uma breve introdução nas aulas. Alguns problemas para casa incluirão a utilização do computador quântico da IBM. Os alunos deverão consultar bibliografia especializada sobre alguns dos tópicos cobertos pelo programa e apresentar oralmente um artigo à sua escolha.*

4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Some of the topics will be addressed in an expository way, others will be proposed to the student for autonomous development, after a brief introduction in class. Some problems at home will require using the IBM quantum computer. Students should consult a specialized bibliography on some of the topics covered by the program and present orally an article of their choice.*

4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os métodos de ensino incluem a realização de problemas para casa e apresentação de um artigo que permitem ao aluno ficar familiarizado com as ferramentas disponíveis e com os desenvolvimentos mais recentes na área, tal como consta nos objetivos da disciplina.*

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*Teaching methods include conducting homework problems and presenting an article that allows the student to become familiar with the tools available and the latest developments in the area, as stated in the objectives of the discipline.*

4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Quantum Optics: an introduction, M. Fox, Oxford University Press (2002).  
 Magnetism in Condensed Matter, Stephen Blundell, Oxford Master Series in Condensed Matter Physics (2006).  
 Superconductivity: fundamentals and applications. W. Buckel. R. Kleiner. Wiley-VCH (2004).  
 Quantum Computation and Quantum Information, Nielsen and Chuang, Cambridge University Press (2010).  
 Notas letivas de Tecnologias Quânticas, Helena Vieira Alberto (2018).  
 Quantum simulation, REVIEWS OF MODERN PHYSICS, VOLUME 86, JANUARY–MARCH (2014).  
 Quantum information processing with superconducting circuits: a review, G Wendin, Rep. Prog. Phys. 80, 106001 (2017).  
 Advances in Quantum Cryptography, Pirandola et al., arXiv:1906.01645, (2019).*

## 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, e verificadas pela coordenação dos cursos, 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, and verified by the coordination of the course, 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 course, 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 MEF, estando a completar um nível de formação avançada têm contacto com estas áreas de investigação quer durante as aulas, quer durante a realização dos estágios de verão. Nestes últimos têm também oportunidade de contactar com as indústrias que propõem projetos para a realização destes estágios. Os estágios de verão ao proporcionarem o contacto dos estudantes com diferentes áreas de investigação ou indústrias, facilitam a escolha da área e o ambiente onde vão realizar a disciplina de Projeto do final deste curso.***

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

***Teachers and collaborators in this cycle of studies are involved in scientific projects in various areas of Applied Physics and Engineering and MEF students, who are completing an advanced level, have contact with these areas of research both during classes and during summer internships. In the latter, they also have the opportunity to contact some industries that propose projects to these internships. Summer internships, by providing students the contact***

*with different areas of research or industries, facilitate the choice of area and the environment where they will carry out the subject Project at the end of this 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 18º 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 mestre tem 90 a 120 créditos e uma duração normal compreendida ente três a quatro semestres curriculares de trabalho dos alunos”. Tendo por base este artigo, decidiu-se que o Mestrado será em regime semestral, com a duração de 4 semestres letivos, num total de 120 ETCS. Esta escolha vai ao encontro da estrutura curricular prevista para os demais graus de mestrado do Departamento de Física e da generalidade dos mestrados 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 18 of Decree-Law no. 74/2006 of March 24, amended by Decree-Law no. 65/2018 of August 16, “the Cycle of Studies leading to the master’s degree must have between 90 and 120 credits and a normal duration comprised between three and four semesters of student work”. Based on this article, it was decided that the master’s degree should be organized in semesters, with a duration of 4 academic semesters, with a total of 120 ETCS. This choice is in line with the curricular structure of the other Masters of the Physics Department and most of the Masters of FCTUC, which allows an optimization of the material and human resources (faculty staff), as well as the sharing of courses 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 Mestrados Integrados em Engenharia Física e em 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 Physics Engineering and Biomedical Engineering were used to obtain the appropriate ECTS credits of each course.*

#### 4.7. Observações

4.7. Observações:

*Todos os anos a Coordenação do Mestrado irá definir a lista das unidades curriculares opcionais que estarão disponíveis no ano letivo seguinte.*

*Em cada semestre o aluno tem de escolher três unidades curriculares opcionais constantes do Mapa III (1/1, 1/2 e 2/1), com o acordo da coordenação do ciclo de estudos, tendo em consideração os limites de ECTS optativos definidos por área científica para o mestrado (ENG 0-42 ECTS, FAT 0-42 ECTS, GC 0-6 ECTS, QT 0-6 ECTS e OA 0-18 ECTS).*

*Na opção aberta (OA) o aluno tem a possibilidade de se inscrever numa unidade curricular de 6 ECTS de entre as oferecidas a qualquer mestrado da FCTUC. A inscrição nas unidades curriculares optativas através da regra de lista aberta fica sujeita à aprovação da coordenação do ciclo de estudos.*

4.7. Observations:

*Each year the Master Coordination will define the list of optional curricular units that will be available in the following year.*

*In each semester the student has to choose three optional curricular units listed in the Map III (1/1, 1/2 and 2/1), with approval of the Course Coordinator, bearing in mind the master’s limit of optional ECTS per scientific area (ENG 0-42 ECTS, FAT 0-42 ECTS, GC 0-6 ECTS, QT 0-6 ECTS e OA 0-18 ECTS).*

*In the free option (OA) the student has the possibility to enroll in a 6 ECTS curricular unit from those offered to any master’s degree from the FCTUC. Enrollment in the optional curricular units through this open list is subject to*

*approval by the course Coordinator.*

## 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
Rui Manuel Dias Cortesão dos Santos Bernardes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências da Saúde	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Nuno David de Sousa Chichorro da Fonseca Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Biomédicas	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Tony Richard de Oliveira de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Custódio Francisco de Melo Loureiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Tecnológica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Isabel Silva Ferreira Lopes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alexandre Miguel Ferreira Lindote	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física	20	<a href="#">Ficha submetida</a>
Sergio José Coelho do Carmo	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física Tecnológica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Afonso Cardoso Landeck	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física, Instrumentação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Manuel Rendeiro Cardoso	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física - ramo de Física Tecnológica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Miguel Lino Santos Morgado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física (especialidade Física Tecnológica)	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Paulo Alexandre Vieira Crespo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jaime Baptista dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Eletrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Miguel de Sá e Sousa de Castelo Branco	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Medicina	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mário João Simões Ferreira dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vitali Iourievitch Tchepel	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Physics and Mathematics	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Miguel Curado da Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Física	20	<a href="#">Ficha submetida</a>
Lino José Forte Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Ermelinda da Silva Eusébio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Termodinâmica Química	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Tecnológica	100	Ficha submetida
Jorge Manuel Moreira de Campos Pereira Batista	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
Rui César do Espírito Santo Vilão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física (Física da Matéria Condensada)	100	Ficha submetida
Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Aplicada - Instrumentação	100	Ficha submetida
Manuela Ramos Marques da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Maria Helena Almeida Vieira Alberto	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Pedro Nuno San-Bento Furtado	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Engenharia Informática	100	Ficha submetida
Mahmoud Tavakoli	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor		Automação e Robótica	100	Ficha submetida
Carlos Alberto Lourenço de Serpa Soares	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências, Química, Fotoquímica	100	Ficha submetida
José Ricardo Morais Silva Gonçalo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Experimental de Partículas	100	Ficha submetida
Aldora Gabriela Gomes Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Gestão	100	Ficha submetida
Teresa Margarida Roseiro Maria Estronca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Título de especialista (DL 206/2009)	Termodinâmica Química	100	Ficha submetida
António Adriano Castanhola Batista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Doutoramento em Física Tecnológica	100	Ficha submetida
					<b>2940</b>	

<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.

31

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

29.4

##### 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:	29	98.639455782313

##### 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):	29.4	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	21.4	72.789115646259
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	24	81.632653061224
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

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

*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 o Mestrado em Engenharia Física (MEF), 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 o MEF.*

*As aulas do Mestrado em Engenharia Física 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 do MEF.*

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 Master in Engineering Physics (MEF), 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 MEF.*

*The MEF 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 MEF 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 do MEF terão lugar no Departamento de Física onde existem um auditório, dois anfiteatros, nove salas de aulas, três salas de computadores e nove 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 MEF classes will take place in the Department of Physics where there are available one auditorium, two amphitheatres, nine classrooms, three computer rooms and nine 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):

*Equipamento principal:*

*Computadores em salas de aulas e laboratórios didáticos na FCTUC e na FMUC, projetores vídeo em todas as salas. Kits Ótica Ondulatória (Difração, Aberrações, Polarização, Eletro-Óptica, Interferência e Holografia); Ótica de Fourier; Lasers (díodo, 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, Raios-X, Difração de Elétrons, 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 multimetro 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):

*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
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)/Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra/Univ. Lisboa/ Univ. Minho	8	
Centro de Física da Universidade de Coimbra (CFisUC)/Centre for Physics of the University of Coimbra	Muito Bom/Very Good	Univ. Coimbra	3	
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	3	
Instituto de Sistemas e Robótica de Coimbra (ISRUC)/ Institute of Systems and Robotics	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	4	
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	3	
Instituto de Imagem Biomédica de Coimbra/Coimbra Institute for Biomedical Imaging and Translational Research (CIBIT)	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	4	
Centro de Engenharia Mecânica, Materiais e Processos/Centre for Mechanical Engineering, Materials and Processes (CEMMPRE)	Excelente/Excellent	Univ. Coimbra	3	
Instituto de Investigação Clínica e Biomédica de Coimbra/Coimbra Institute for Clinical and Biomedical Research (iCBR)	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/55ed361e-cf8c-8f25-43a1-5e9d8ac151ff>

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/55ed361e-cf8c-8f25-43a1-5e9d8ac151ff>

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, colóides 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 do MEF têm contacto com estas áreas de investigação durante algumas das disciplinas e durante a realização dos projetos de mestrado.

#### 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-01-2018-2019, nº 871158

- AMEGO mission, NASA+ESA, <https://asd.gsfc.nasa.gov/amego/index.html>

The MEF students have contact with these experiences during some of the courses and during the MSc thesis work.

## 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 mestrado constitui a etapa principal da formação específica e profissionalizante de um Mestre em Engenharia Física seguindo um processo de aquisição de competências definidas pelos descritores de Dublin. Os mestres em Engenharia Física deverão ser capazes de comunicar de forma clara e objetiva, envolvendo para além dos aspetos técnicos/científicos, os sociais e éticos. O grau de mestre pressupõe a capacidade de aplicação de conhecimentos técnicos e científicos a situações novas de forma eficiente e autónoma. As áreas de empregabilidade são variadas, tendo recentemente a tutela assumido a necessidade do reforço da oferta profissional nesta área, na instalação de unidades na área da saúde, radiação, energias renováveis, entre outras, onde estes profissionais serão necessários. A taxa oficial de desemprego do anterior mestrado integrado era de 3.6%, acima da média geral nacional de recém-diplomados de 3.4%, embora corresponda apenas a 2 diplomados entre 2013-2018 registados no IEFP.*

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

*This Master in Engineering Physics intends to give the training and professional formation of a Physics Engineer following the guidelines defined by the Dublin descriptors. The MSc graduates should be able to make a clear and objective communication, involving not only technical and scientific aspects, but also social and ethical ones. The master's degree assumes that the student has the ability to apply complex technical and scientific knowledge to new situations in an efficient and autonomous way. The professional integration of a physics engineer is a broad range one and in recent years the National administration officially recognized the urge for Engineers in this area, namely in assembling and maintenance of facilities for medical and alternative energy applications. The current official unemployment rate for this course is 3.6%, a little above the overall average of 3.4% for recent graduates, but consisting of only two graduates between 2013-2018.*

**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 nº de vagas ter vindo a aumentar. Na 1ª fase de candidaturas ao MIEF, nos últimos 3 anos, o nº 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 nº 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 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, diferentes planos de estudo de cursos de Engenharia Física, de Física Aplicada e de 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, Technological Physics courses 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, eventualmente com uma maior especificidade nas áreas de maior desenvolvimento no Departamento de Física da UC - instrumentação para física da radiação, optoeletrónica, ciência dos materiais, computação e eletrónica.*

**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, eventually with a more*

*specific formation in the investigation areas of the UC Physics Department like instrumentation for radiation physics, optoelectronics, materials science, computing and electronics.*

## 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. Também possui elevada atratividade por parte dos estudantes internacionais.*
- *Corpo docente de elevado mérito, com um registo excelente de investigação.*
- *Colaboração com diversas empresas e laboratórios de investigação, nomeadamente nos estágios de verão e estágios curriculares.*

### 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. It also attracts a quite large number of international students.*
- *High merit academics with excellent research track.*
- *Close collaboration with several industries and research laboratories, namely in the offer of summer internships and professional 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 do MEF 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 MEF 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 da 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 ao MEF. 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 investigação, 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 do Mestrado em Engenharia Física. Enquanto Mestrado Integrado tem havido uma procura crescente por parte dos alunos, 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.*

*Optou-se nesta reformulação por extinguir os ramos anteriores (Instrumentação; Metrologia e Qualidade), mantendo as principais disciplinas obrigatórias de cada um dos ramos, bem como as opcionais de cada um, permitindo uma formação mais abrangente.*

*O Mestrado em Engenharia Física (MEF) é coordenado 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 dos cursos de Engenharia Física, o DF é ainda responsável pela coordenação dos cursos de Física e de Engenharia Biomédica. No entanto, o MEF é naturalmente aberto 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.*

*A coordenação dos cursos de Engenharia Física ausculta regularmente empresas e laboratórios com as quais colabora, bem como 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.*

*Embora não tendo protocolos estabelecidos com empresas para a realização de estágios, há diversas empresas que propõem anualmente estágios profissionais como alternativa ao projeto de mestrado, permitindo durante o último ano de mestrado um contacto mais direto com o ambiente empresarial. Nestes casos são estabelecidos protocolos anuais entre as empresas e a Universidade de Coimbra.*

#### 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 a 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 MSc degree in Engineering Physics will continue to succeed.*

*The two previous branches in the integrated MSc degree (Instrumentation; Metrology and Quality) were extinguished, although maintaining the courses of each of the branches, both the mandatory ones and the optional ones, allowing the students a broader training in Engineering Physics.*

*The Master in Engineering Physics (MEF) is coordinated by the Physics Department (DF) of UC. The 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 the Engineering Physics courses, the DF is also responsible for coordinating the Physics and the 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.*

*The Engineering Physics 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.*

*Although there are no established protocols with companies, there are several that annually offer professional internships as an alternative to the master's project, allowing the students who wish it, a more direct contact with the industrial environment. In these cases, annual protocols are established between the companies and the University of Coimbra.*