

ACEF/1516/09312 — Guião para a auto-avaliação

Caracterização do ciclo de estudos.

A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:
Universidade De Coimbra

A1.a. Outras Instituições de ensino superior / Entidades instituidoras:

A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):
Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)

A3. Ciclo de estudos:
ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO

A3. Study programme:
ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE

A4. Grau:
Mestre

A5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (n.º e data):
desp. n.º 2653/2011; N.º 26 — 7 de Fevereiro de 2011

A6. Área científica predominante do ciclo de estudos:
Astrofísica

A6. Main scientific area of the study programme:
Astrophysics

A7.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):
440

A7.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:
<sem resposta>

A7.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:
<sem resposta>

A8. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:
120

A9. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006, de 26 de Março):
Quatro semestres

A9. Duration of the study programme (art.º 3 DL-74/2006, March 26th):
Four semesters

A10. Número de vagas proposto:
20

A11. Condições específicas de ingresso:*Licenciatura***A11. Specific entry requirements:***Bachelor's degree***A12. Ramos, opções, perfis...****Pergunta A12**

A12. Percursos alternativos como ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):

*Não***A12.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)**

A12.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor, or other forms of organisation of alternative paths compatible with the structure of the study programme (if applicable)

Opções/Ramos/... (se aplicável):

n/a

Options/Branches/... (if applicable):

n/a

A13. Estrutura curricular**Mapa I - -****A13.1. Ciclo de Estudos:***ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO***A13.1. Study programme:***ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE***A13.2. Grau:***Mestre***A13.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

-

A13.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

-

A13.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded

| Área Científica / Scientific Area | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS | ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS* |
|--|-----------------|------------------------------------|---|
| Astrofísica/ Astrophysics | A | 60 | 0 |
| Instrumentação/ Instrumentation | I | 12 | 0 |
| Computação e Simulação/ Computing and Simulation | CS | 6 | 0 |
| Física/ Physics | F | 6 | 0 |
| Engenharia/ Engineering | E | 0 | 0 |
| Matemática/ Mathematics | M | 0 | 0 |

| | | | |
|------------------------------|--------------|-----------|-----------|
| Opcional Aberta/ Open Option | OPA | 0 | 0 |
| Outras | A/I/CS/F/E/M | 0 | 36 |
| (8 Items) | | 84 | 36 |

A14. Plano de estudos

Mapa II - - - 1ºAno/1º Semestre

A14.1. Ciclo de Estudos:

ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO

A14.1. Study programme:

ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE

A14.2. Grau:

Mestre

A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

-

A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

-

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

1ºAno/1º Semestre

A14.4. Curricular year/semester/trimester:

1st Year/1st Semester

A14.5. Plano de estudos / Study plan

| Unidades Curriculares / Curricular Units | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Interação da Radiação com a Matéria/ Interaction of Radiation with Matter | I | S | 162 | T-30; PL-30 | 6 | - |
| Análise e Processamento de Imagem/ Image Processing and Analysis | CS | S | 162 | T-30; PL-28; OT-2 | 6 | - |
| Introdução à Astrofísica/ Introduction to Astrophysics | A | S | 162 | T-45; OT-15 | 6 | Opção/Option |
| Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados/ Instrumentation and Data Acquisition Systems | I | S | 162 | TP-30; PL-30 | 6 | Opção/Option |
| Elementos de Astronomia/ Elements of Astronomy | A | S | 162 | TP-60; TC-10; OT-10 | 6 | Opção/Option |
| Física Quântica/ Quantum Physics | F | S | 162 | T-45; TP-15; PL-30 | 6 | Opção/Option |
| Física e Tecnologia do Vácuo/ Vacuum Physics and Technology | I | S | 162 | T-20; TP-4; PL-26 | 6 | Opção/Option |
| Bases de Dados/ Data Bases | CS | S | 162 | TP-75 | 6 | Opção/Option |
| Opção Aberta/ Open Option | OPA | S | 162 | - | 6 | Opção/Option |
| Ciências Planetárias/Planetary Sciences | A | S | 162 | T-30; TP-15; OT-15 | 6 | Opção/Option |
| Electromagnetismo II/Electromagnetism II | F | S | 162 | T-45; TP-30 | 6 | Opção/Option |
| (11 Items) | | | | | | |

Mapa II - - 1º Ano/2º Semestre**A14.1. Ciclo de Estudos:****ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO****A14.1. Study programme:****ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE****A14.2. Grau:****Mestre****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

-

A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

-

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:**1º Ano/2º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****1st Year/2nd Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

| Unidades Curriculares / Curricular Units | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------------------|
| Tópicos de Astrofísica Moderna/ Topics of Modern Astrophysics | A | S | 162 | T-30; OT-30 | 6 | - |
| Instrumentação para o Espaço/ Space Instrumentation | I | S | 162 | T-30; PL-30 | 6 | - |
| Relatividade Geral e Cosmologia/ General Relativity and Cosmology | F | S | 162 | T-30; OT-30 | 6 | - |
| Simulação e Métodos de Monte Carlo/ Simulation and Monte Carlo Methods | CS | S | 162 | T-30; PL-30 | 6 | Opção/Option |
| Física das Altas Energias/ High Energy Physics | F | S | 162 | T-30; TP-30 | 6 | Opção/Option |
| Mecânica Celeste/ Celestial Mechanics | M | S | 162 | TP-75 | 6 | Opção/Option |
| Sistemas Espaciais de Posicionamento e Navegação/ Positioning and Navigation Systems | E | S | 162 | T-30; TP-45 | 6 | Opção/Option |
| Cartografia Digital/ Digital Cartography | E | S | 162 | T-30; TP-45 | 6 | Opção/Option |
| Telemetria e Telegestão/ Telemetry and Telemanagement | E | S | 162 | T-30; TP-30 | 6 | Opção/Option |
| Simulação Numérica de Modelos/ Numerical Simulation of Models | M | S | 162 | TP-60 | 6 | Opção/Option |
| Dinâmica de Fluidos e Magnetohidrodinâmica/ Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics | F | S | 162 | T-30; TP-30 | 6 | Opção/Option |
| Teoria Quântica de Campos/ Quantum Field Theory | F | S | 162 | T-30; TP-30 | 6 | Opção/Option |

(12 Items)**Mapa II - - 2º Ano/1º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:****ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO****A14.1. Study programme:**

ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE

A14.2. Grau:
Mestre

A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):
<sem resposta>

A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):
-

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano/1º Semestre

A14.4. Curricular year/semester/trimester:
2nd Year/1st Semester

A14.5. Plano de estudos / Study plan

| Unidades Curriculares / Curricular Units | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|--|-----------------------------------|---|---|-------------|---|
| Instrumentação para Física da Radiação/ Instrumentation for Radiation Physics | I | S | 162 | T-30; PL-30 | 6 | Opção/Option |
| Computação Paralela/ Parallel Computing | CS | S | 162 | T-30; PL-30 | 6 | Opção/Option |
| Seminário em Astrofísica/ Astrophysics Seminar | A | S | 162 | S-30 | 6 | - |
| Dissertação ou Estágio/ Dissertation or Internship | A | A | 486 | O-243 | 18 | - |
| (4 Items) | | | | | | |

Mapa II - - - 2º Ano/2º Semestre

A14.1. Ciclo de Estudos:
ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO

A14.1. Study programme:
ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE

A14.2. Grau:
Mestre

A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):
-

A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):
-

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:
2º Ano/2º Semestre

A14.4. Curricular year/semester/trimester:
2nd Year/2nd Semester

A14.5. Plano de estudos / Study plan

| Unidades Curriculares / Curricular Units | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|---|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|
| Dissertação ou Estágio/ Dissertation or Internship (1 Item) | A | A | 810 | O-355 | 30 | - |

Perguntas A15 a A16**A15. Regime de funcionamento:***Diurno***A15.1. Se outro, especifique:***<sem resposta>***A15.1. If other, specify:***<no answer>***A16. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação do ciclo de estudos (a(s) respetiva(s) Ficha(s) Curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa VIII)***José Lopes Pinto da Cunha; João Manuel de Moraes Barros Fernandes***A17. Estágios e Períodos de Formação em Serviço****A17.1. Indicação dos locais de estágio e/ou formação em serviço**

Mapa III - Protocolos de Cooperação

Mapa III - n/a

A17.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:*n/a***A17.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):***<sem resposta>*

Mapa IV. Mapas de distribuição de estudantes

A17.2. Mapa IV. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio.(PDF, máx. 100kB)

Documento com o planeamento da distribuição dos estudantes pelos locais de formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.

*<sem resposta>***A17.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes no período de estágio e/ou formação em serviço.****A17.3. Indicação dos recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e períodos de formação em serviço.***n/a***A17.3. Indication of the institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods.***n/a*

A17.4. Orientadores cooperantes

A17.4.1. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das Instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB).

A17.4.1. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das Instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB)

Documento com os mecanismos de avaliação e seleção dos monitores de estágio e formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino e as Instituições de formação em serviço.

<sem resposta>

Mapa V. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (para ciclos de estudos de formação de professores).

Mapa V. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (para ciclo de estudos de formação de professores) / Map V. External supervisors responsible for following the students' activities (only for teacher training study programmes)

| 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>

Pergunta A18 e A20

A18. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Universidade de Coimbra

A19. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):

[A19_Reg_191_2014_CreditacaoFormacaoAnterior_e_ExperienciaProfissional_UC.pdf](#)

A20. Observações:

<sem resposta>

A20. Observations:

<no answer>

1. Objetivos gerais do ciclo de estudos

1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos.

O Mestrado tem o objetivo de dar formação especializada nas áreas da Astrofísica e da Instrumentação para o Espaço a diplomados em Física, Engenharia e áreas afins, com vista a formar profissionais que possam interagir ou integrar equipas científicas de grandes organizações (e.g, ESA, ESO, NASA, etc...) e empresas tecnológicas com actividades na área do espaço.

A estrutura muito versátil do Mestrado, permite ao estudante escolher unidades curriculares que mais se ajustem ao seu perfil e que melhor complementem a sua formação anterior, face às áreas de oportunidade que mais lhe interessem. Assim, pode centrar-se mais na astrofísica, na cosmologia teórica, na modelação computacional e análise de dados, ou ser mais voltada para a instrumentação, navegação e geo-observação.

O Mestrado pretende dar os instrumentos para interagir e colaborar no contexto fortemente multidisciplinar da astrofísica atual e da atividade no domínio do espaço.

1.1. Study programme's generic objectives.

The Master aims to give specialized training in the fields of Astrophysics and Instrumentation for Space to

graduates in physics, engineering and related fields, in order to train professionals who can interact or integrate scientific teams on large organizations (eg, ESA, ESO, NASA, etc ...) and technological companies with activities in the space domain.

The versatile structure of the Master study's plan, allows students to choose courses that best fit their profiles and that best complement their previous training, given the opportunity areas that most interest them. Thus, it can focus more on astrophysics, theoretical cosmology, computational modeling and data analysis, or be more focused on instrumentation, navigation and geo-observation.

The Master aims to give the tools for the graduate to interact and collaborate in the strongly multidisciplinary context of the current astrophysics and in the arena of space activities.

1.2. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da Instituição.

Conforme especificam os seus estatutos, a missão da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC) é o 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 Astrofísica e Instrumentação para o Espaço (MAIE) enquadra-se totalmente na missão da instituição, congregando por via de uma arquitetura versátil do seu curriculum, diferentes áreas da FCTUC, contribuindo deste modo para a cultura multidisciplinar da instituição, potenciando o desenvolvimento de áreas novas e interdisciplinares e a ligação da instituição a empresas de cariz altamente tecnológico, em particular com projetos no domínio do espaço.

O Mestrado reflecte a excelência da actividade científica e técnica, em particular dos Departamentos de Física e de Matemática da FCTUC, nos domínios da instrumentação e aquisição de dados, da astronomia observacional e geodesia, e da computação, simulação e análise de dados. A formação é sólida e multidisciplinar, característica apreciada por empregadores em busca de indivíduos versáteis, familiarizados com instrumentação variada e com bons conhecimentos de computação e informática.

O mestrado potencia também a atividade do Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra (OGAUC), que é a mais antiga instituição astronómica do país em funcionamento. O OGAUC é o único observatório a ter, continuamente ao longo dos últimos 80 anos, um registo diário do sol, através da recolha, com um espectroheliógrafo, de imagens do disco solar em diferentes comprimentos de onda, com vista a estudar as regiões activas (manchas, protuberâncias, filamentos, etc.). O MAIE insere-se plenamente nas atividades de investigação associadas ao OGAUC, em particular na área da física solar, envolvendo estudantes e criando oportunidades de colaboração científica dentro da faculdade e com empresas.

A formação dos estudantes cumpre assim os aspetos relevantes da missão da instituição: i) ao dar aos estudantes condições para prosseguirem estudos avançados ao nível do 3º ciclo, ii) ao conferir aos diplomados competências para exercício de uma profissão especializada e iii) ao contribuir para disseminar o conhecimento científico, numa área em que é grande apetência e curiosidade públicas, em particular por parte dos jovens.

A formação avançada de cientistas e profissionais especializados na área da astrofísica e das ciências do espaço contribui pois, seguramente, para o desenvolvimento científico, tecnológico e socioeconómico do país e do mundo.

1.2. Inclusion of the study programme in the institutional training offer strategy, considering the institution's mission.

As specified in their statutes, the mission of the Faculty of Science and Technology, University of Coimbra (FCTUC) is devoted to teaching and research in the fields of exact and natural sciences, engineering and architecture and in multi and interdisciplinary areas of those fields. Its mission and strategy concerns the creation, analysis, criticism and dissemination of scientific, technological, engineering and cultural knowledge, contributing to the development of Portugal and the world through education, research and service to the community.

The MSc in Astrophysics and Instrumentation for Space (MAIS) fits completely in the mission of the institution, bringing together by means of a versatile curriculum architecture, different areas of the FCTUC, thereby contributing to the multidisciplinary culture on this institution, promoting the development of new and interdisciplinary areas, bridging the University with highly technology-driven companies, in particular those with projects in the space domain.

The Master reflects the excellence of the scientific and technical activities that are a landmark especially in the Departments of Physics and Mathematics of the FCTUC in the fields of instrumentation and data acquisition, of observational astronomy and geodesy, and of computing, simulation and data analysis. The training is solid and multidisciplinary, a characteristic most appreciated by employers looking for versatile individuals, that can easily be familiar with varied instrumentation and that have got good computing and computer skills.

The master also enhances the activity of the Geophysical and Astronomical Observatory of the University of Coimbra (GAOUC), which is the oldest astronomical institution in the country still running. GAOUC is the only observatory running continuously over the last 80 years, collecting with its spectroheliograph a sun daily record of the solar disk image at different wavelengths in order to study the active solar regions (patches, lumps, filaments, etc.). The MAIS fits in the research activities associated with GAOUC, particularly in the area of solar physics, involving students and creating scientific collaboration opportunities within the Faculty and with businesses. Hence, the training of students meets the relevant aspects of the mission of this institution: i) to provide to

students the conditions to pursue advanced studies at the 3rd cycle, ii) to give graduates the skills to exercise a specialised profession and iii) to contribute to disseminating scientific knowledge, in an area that has public curiosity specially among young people.

The advanced training of scientists and professionals in the field of astrophysics and space sciences surely contributes to the scientific, technological and socio-economic of the country and the world.

1.3. Meios de divulgação dos objetivos aos docentes e aos estudantes envolvidos no ciclo de estudos.

Os objetivos do ciclo de estudos são divulgados por via da plataforma informática de gestão académica Nónio: aos docentes através do infodocente e aos estudantes através do inforestudante. Para o público em geral a informação está também disponível nas páginas web da Universidade de Coimbra, em <http://cursos.uc.pt>.

Os objetivos deste ciclo de estudos são ainda divulgados publicamente através da sítio web do Departamento de Física da Universidade de Coimbra (<http://fisica.uc.pt/astrofisica>). Por esta via divulgam-se os objetivos, o plano de estudos e os conteúdos programáticos de cada uma das unidades curriculares que o compõem, assim como o conteúdo integral das teses e demais materiais produzidos no âmbito deste mestrado.

A coordenação assegura o esclarecimento das dúvidas dos alunos acerca do curso e coordena com os docentes a resolução de problemas que surjam e as questões de organização, em particular em disciplinas partilhadas com outros cursos.

1.3. Means by which the students and teachers involved in the study programme are informed of its objectives.

The objectives of the study cycle are disseminated by NONIO which is an academic management IT platform: the information is available for the teachers at infodocente and for the students at inforestudante. For the public this information is available on the web page of the University of Coimbra - <http://cursos.uc.pt>.

The objectives of this cycle of studies are also made public through the website of the Department of Physics, University of Coimbra (<http://fisica.uc.pt/astrofisica>). Through this site we disclose the objectives and the syllabus of every course unit, as well as the entire contents of master's theses and other materials produced along the years.

The course coordination ensures the clarification of any questions posed by the students about the course meets with the teachers to resolve any problems or organisational issues that arise, particularly in teaching units that are shared with other courses.

2. Organização Interna e Mecanismos de Garantia da Qualidade

2.1 Organização Interna

2.1.1. Descrição da estrutura organizacional responsável pelo ciclo de estudos, incluindo a sua aprovação, a revisão e atualização dos conteúdos programáticos e a distribuição do serviço docente.

O coordenador do MAIE é um docente eleito pelo Conselho Científico da FCTUC e tem as funções previstas no SGQP da UC.

A criação de ciclos de estudos na UC envolve as Unidades Orgânicas, os Centros de Serviços Comuns e Especializados, a Reitoria/Senado e o Conselho Geral. O processo tem início na proposta de oferta formativa (ou de revisão/atualização de oferta existente) e culmina na sua submissão junto da A3ES para acreditação.

A tramitação das alterações decorre de forma idêntica. Após aprovação estas são comunicadas à DGES e publicadas no DR.

A revisão dos conteúdos programáticos do MAIE é promovida pelo coordenador em articulação com os docentes, as comissões científicas, as unidades de investigação e os alunos. As propostas são aprovadas pelos Departamentos de Física e de Matemática e ratificadas pela FCTUC, que lhes dará sequência.

A distribuição do serviço docente é assegurada pela FCTUC, estando sujeita à aprovação no Conselho Científico.

2.1.1. Description of the organisational structure responsible for the study programme, including its approval, the syllabus revision and updating, and the allocation of academic service.

The MAIE's coordinator is a teacher elected by the Scientific Council of FCTUC whose role is provided for in the UC SGQP.

The creation of a new study cycle at UC involves the Organisational Unit (OU), the Central Services, the Dean / the Senate and General Council. The process triggered by a learning proposal (or review / update of an existing one) and is concluded with its submission for accreditation at A3ES. The procedure for changes is identical, and once approved, the reviewed proposal must be sent to DGES and published in the national official journal.

The syllabus revision and updating of MAIE is promoted by the coordinator in connection with the teachers concerned, the scientific committees, research units and the students. The proposals are approved by the Departments of Physics and Mathematics and ratified by FCTUC, which will hand them over for further approval. The allocation of academic/teaching work is assured by FCTUC, subject to approval by its Scientific Council.

2.1.2. Forma de assegurar a participação ativa de docentes e estudantes nos processos de tomada de decisão que

afetam o processo de ensino/aprendizagem e a sua qualidade.

A participação ativa dos docentes e estudantes é assegurada pela aplicação regular de inquéritos pedagógicos e pela reflexão inerente ao processo de autoavaliação realizado pelo ciclo de estudos e pela FCTUC. Para além dos dados quantitativos são também analisados comentários e sugestões de estudantes e docentes, integrando o processo de melhoria da UC. Os estudantes e docentes estão representados nos órgãos de governo da UC (Conselho Geral, Conselho de Gestão, Senado e Conselho Pedagógico da FCTUC). A coordenação do MAIE promove a discussão de sugestões e reclamações dos estudantes acerca do curso e ouve a sua opinião antes de propor alterações. Os docentes são auscultados acerca do andamento do curso e participam ativamente no processo de alteração/revisão dos conteúdos. A coordenação do curso pratica uma cultura de diálogo permanente que facilita o contacto informal de alunos e docentes, e agiliza a correção de eventuais problemas.

2.1.2. Means to ensure the active participation of teaching staff and students in decision-making processes that have an influence on the teaching/learning process, including its quality.

The active participation of teachers and students is ensured by periodic educational surveys along with the reflection inherent to the self-assessment process carried out by the FCTUC. In addition to quantitative data comments and suggestions of students and teachers are also analysed, and incorporated in the improving process of the UC. Students and teachers are represented in the UC governing bodies (General Council, Management Council, Senate and Pedagogical Council of FCTUC). The coordination of MAIS promotes the discussion of suggestions and complaints from students about the course and hear opinions before proposing changes. Teachers are sounded out about the progress of the course and actively participate in the change process / review of the syllabus content. The course coordinator practices a permanent dialogue culture that facilitates informal contact with students and faculty, and hence eases the promptly correction of any problems.

2.2. Garantia da Qualidade

2.2.1. Estruturas e mecanismos de garantia da qualidade para o ciclo de estudos.

Conforme procedimentos estabelecidos na UC, a autoavaliação do ciclo de estudos é realizada no final de cada ano letivo com a intervenção das diferentes partes interessadas sendo o relatório final da responsabilidade do coordenador do MAIE. Consiste numa análise SWOT, integrando informação referente a vários aspetos, nomeadamente, acesso, sucesso escolar, empregabilidade e informação proveniente dos inquéritos pedagógicos. Face a esta análise são definidas anualmente as ações de melhoria a implementar no curso, cuja execução é avaliada no ano seguinte. Contribuem ainda para a análise SWOT as reclamações e sugestões de estudantes e docentes.

2.2.1. Quality assurance structures and mechanisms for the study programme.

According to the established procedures, the self-assessment of the study cycle is held at the end of each school year with the participation of different stakeholders. The final report must be ensured by the coordinator of the study cycle. The self-assessment process consists of a SWOT analysis, including information regarding several aspects, including namely access, academic success, employability, and information from the educational surveys. Considering this analysis, improvement actions are set on an annual basis, which are evaluated in the following year. The SWOT analysis also receives input contributions from the complaints and suggestions raised by students and teachers.

2.2.2. Indicação do responsável pela implementação dos mecanismos de garantia da qualidade e sua função na Instituição.

Equipa reitoral, em articulação com a Divisão de Avaliação e Melhoria Contínua.

2.2.2. Responsible person for the quality assurance mechanisms and position in the institution.

Rector team and Evaluation and Improvement Unit.

2.2.3. Procedimentos para a recolha de informação, acompanhamento e avaliação periódica do ciclo de estudos.

Existe um sistema de informação através do qual é assegurada a produção automática de indicadores referentes às unidades curriculares do curso (e.g., sucesso escolar) e aos inquéritos pedagógicos. A informação proveniente destas e de outras fontes é analisada pelos diretores da FCTUC, dos Departamentos de Física e de Matemática e pelo coordenador do curso encarregado de acompanhar o funcionamento do ciclo de estudos MAIE (e.g., adequada articulação entre unidades curriculares, esforço esperado e concretizado pelos estudantes, distribuição das datas de avaliação e volume de trabalho), em ligação com os docentes do ciclo de estudos, diretores de departamento e UO. No final do ano a informação é coligida e analisada para efeitos de autoavaliação do ciclo de estudos.

2.2.3. Procedures for the collection of information, monitoring and periodic assessment of the study programme.

The information system generates indicators regarding course units (e.g. academic success) and educational

surveys. This information and the data from other sources are analysed by the director of FCTUC, the directors of the Departments of Physics and Mathematics and by the coordinator of the course, whom is in charge of overseeing its functioning (e.g. adequacy and articulation between course units, effort expected and achieved by students, distribution of assessment dates and workload) in collaboration with the teachers of the study cycle, department directors and the OU director. At the end of the year the information is collected and analysed for the purpose of self-assessment of the study cycle.

2.2.4. Link facultativo para o Manual da Qualidade

<http://www.uc.pt/damc/manual/>

2.2.5. Discussão e utilização dos resultados das avaliações do ciclo de estudos na definição de ações de melhoria.

Os resultados das avaliações são discutidos com as diferentes partes envolvidas no âmbito da elaboração do relatório de autoavaliação do curso. Estes resultados e as ações de melhoria daí decorrentes para os ciclos de estudos da Unidade Orgânica no seu todo, são também discutidos numa sessão anual que envolve toda a comunidade académica.

A coordenação do curso analisa, em articulação com as comissões científicas dos Departamentos de Física e Matemática, o funcionamento das unidades curriculares e discute com os docentes eventuais anomalias detetadas, em termos de desvios na taxa de sucesso escolar ou decorrentes da apreciação global do funcionamento (e.g., adequação do esforço das unidades curriculares e a sua materialização temporal). Estes resultados são analisados pelas comissões científicas departamentais, as quais decidem acerca dos factores corretivos a introduzir, com eventuais implicações na distribuição de serviço docente subsequente.

2.2.5. Discussion and use of study programme's evaluation results to define improvement actions.

The results of the evaluations are discussed with the different stakeholders who contribute to the self-assessment report elaboration. These results and the corresponding improvement actions, as well as those of other study cycles of the OU as a whole, are also discussed at the annual meeting that involves the entire academic community. The coordination of the course analyses, in conjunction with the scientific committees of the Departments of Physics and Mathematics, the operation of course units and discuss with the teachers any detected issues, including abnormal deviations of the assessment success rates or issues linked to operations (eg, adequacy of the effort of course units, their temporal distribution, etc). These results are analysed by the departmental scientific committees, which decide about any corrective factors to be introduced, with possible implications for the subsequent distribution of teaching duties and academic evaluation.

2.2.6. Outras vias de avaliação/acreditação nos últimos 5 anos.

O Mestrado em Astrofísica e Instrumentação para o Espaço (MAIE) foi acreditado pela A3ES no âmbito do processo CEF/0910/09312.

2.2.6. Other forms of assessment/accreditation in the last 5 years.

The accreditation of the Master in Astrophysics and Instrumentation for Space (MAIS) of the FCTUC was accredited by A3ES through the process CEF/0910/09312.

3. Recursos Materiais e Parcerias

3.1 Recursos materiais

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

Mapa VI. Instalações físicas / Mapa VI. Facilities

| Tipo de Espaço / Type of space | Área / Area (m ²) |
|--|-------------------------------|
| Salas de Aulas/ Lecture Rooms | 567 |
| Anfiteatros/ Amphitheaters | 486 |
| Laboratórios Didáticos/ Didactic Laboratories | 1060 |
| Salas de Computadores/ Computer Rooms | 192 |
| Bibliotecas/ Libraries | 561 |
| Sala de Conferências/ Conference Rooms | 139 |
| Sala de Estudo Multimedia/ Multimedia Study Room | 184 |
| Biblioteca e Mediateca "Rómulo de Carvalho"/ Library and Media Center "Rómulo de Carvalho" | 115 |
| Laboratórios de Investigação/ Research Laboratories | 2477 |

| | |
|--|-----|
| Áreas Técnicas (oficinas, armazenamento de fontes radioactivas)/ Technical Areas (workshops, storage of radioactive sources) | 902 |
| Planetário (Observatório Geofísico e Astronómico UC) | 64 |
| Cúpula astronómica FCGulbenkian (Observatório GAUC) | 50 |

3.1.2 Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs).

Mapa VII. Equipamentos e materiais / Map VII. Equipments and materials

| Equipamentos e materiais / Equipment and materials | Número / Number |
|--|-----------------|
| Espectrometros de massa/ Mass spectrometers | 2 |
| Espectrometros de fluorescência de raios X /X ray fluorescence spectrometers | 1 |
| Sistemas de Alto Vácuo /High Vacuum Systems | 6 |
| Plantas de evaporação de filmes finos/Thin film Evaporation plants | 2 |
| Contadores proporcionais/ Porportional counters | 2 |
| Contadores gasosos de cintilação proporcional / Gaseous scintillation proporcional counters | 2 |
| Sistemas de Aquisição e processamento de sinais/Signal processing and acquisition systems | 12 |
| Geradores de sinais e electrónica rápida /Pulse generators and fast electronic units | 6 |
| Fonte de neutrões AmBe/Neutron AmBe source | 1 |
| Fotodectores de Grande Área/ Large Area PhotoDetectors (LAPD) | 10 |
| Detectores de Germânio de Alto Desempenho/ High Performance Germanium Detectors (HPGe) | 4 |
| Detectores de NaI(Tl)/ NaI(Tl) detectors | 6 |
| Detectores de fugas/ Leakage detectors | 1 |
| Câmara limpa/ Clean rooms | 2 |
| Detectores de radiação tipo Geiger/ Radiation detectors (Geiger type) | 4 |
| Osciloscópios rápidos (>1 GHz)/ Fast Oscilloscopes | 2 |
| Canhão de electrões (< 30 keV) / Electron gun (< 30 keV) | 1 |
| Câmaras CCD (IR e UV) / CCD cameras (IR e UV) | 2 |
| Sistemas de detecção de fóton único/ Single photon detection systems | 2 |
| Computador Milipeia para cálculo paralelo (520 CPUs) / Milipeia computer for parallel computing | 1 |
| Cluster de computação GRID para simulação e análise de dados (176 CPUs)/ GRIP computing for simulation and data analysis | 1 |
| Laboratório de Óptica e Fotónica / Optics and photonics laboratory | 1 |
| Laboratório de Física Nuclear e da Radiação/ Nuclear and Radiation Physics Laboratory | 1 |
| Sistemas de optoelectrónica/ Optoelectronic systems | 3 |
| Sistemas de lasers/ Laser systems | 6 |
| Espectrometros de micro-Raman/ Micro-Raman spectrometres | 1 |
| Sistema de fotoluminescência/ Photoluminescence systems | 2 |
| Interferómetros de Michelson/ Michelson interferometres | 3 |
| Sistema de óptica de Fourier/ Fourier optics systems | 1 |
| Centro de maquinagem com 5 eixos/ Machining Centre with 5 axis | 1 |
| Torno de alto desempenho com 2 cabeças/ High performance lathe with 5 heads | 1 |
| Monocromadores (VI, UV, VUV)/ Monochromators (VI, UV, VUV) | 6 |
| Bruker D8 advance diffractometer with twin-twin optics | 1 |
| Pekin-Elmer Pyris Diamond DSC | 1 |
| Jerkin-Elmer STA6000, DTA/DTG equipment, working in the temperature range 10-1000 °C | 1 |
| Equipment for measurement of resistivity, dielectric constant and pyroelectric current (Standford Research Lock-in, Keythley 651A electrometer, Oxford ITC503 temperature controller and closed cycle He cryostat) | 1 |
| Scanning electron microscope Tescan Vega3 with BSE and SE detectors | 1 |
| Hitachi EA6000VX X-Ray Fluorescence equipment with fast mapping capability with a Vortex Silicon Drift detector | 1 |
| Nicolet-Thermo IN10 infrared microscope with mapping and imaging capabilities with low-noise CCD camera, DTGS and MCT-A detectors | 1 |
| NT-MDT NTEGRA Prima Atomic Force Microscope and Scanning Tunneling Microscope | 1 |
| Thermo ICAP-Qc ICP-MS (Induced Coupled Plasma Mass Spectrometer) with collision/reaction cell, automatic sample loader | 1 |
| Microwave digestion system and ultra-pure sub-boiling acid destillator for sample preparation for ICP-MS analysis | 1 |

| | |
|---|---|
| Physical Properties Measuring System (PPMS) Dynacool Quantum Design, equipped with a 9 T superconducting magnet for measurements in the temperature range 1.3 K-400 K including VSM | 1 |
| Telescópio CELESTRON CPC925 | 1 |
| CCD SBIG 8 | 1 |
| Espectroheliógrafo | 1 |

3.2 Parcerias

3.2.1 Parcerias internacionais estabelecidas no âmbito do ciclo de estudos.

No âmbito dos acordos de parceria internacionais da UC referem-se as seguintes universidades europeias com unidades curriculares do MAIE:

*Alemanha: Freie Berlin, RWTH Aachen, Tübingen, Jena, Saarland, Ludwig-Maximilians;
Dinamarca: Copenhagen; Finlândia: Aalto; Holanda: Leiden, Groningen;
Espanha: Zaragoza, Valencia, Complutense de Madrid, Santiago de Compostela, Cantábria;
Itália: Salerno, Bologna, Milan, Pavia, Catania, Trento;
França: Pierre et Marie Curie, Lille, Inst. Polit. Grenoble, Joseph Fourier;
Polónia: Wroclaw, Kielce; Turquia: Kocaeli, Izmit; Roménia: Babeş-Bolyai, Craiova;
República Checa: Czech Technical Univ., Tomas Bata in Zlin.*

Alguns estudantes beneficiaram também da parceria existente entre os Observatórios Astronómicos de Paris e de Coimbra, no âmbito do estudo da física solar.

A UC tem ainda programas de mobilidade com os EUA (MAUI/rede Utrecht), Austrália (AEN/rede Utrecht) e Brasil (vários).

3.2.1 International partnerships within the study programme.

Under the agreements and international partnerships of UC, we refer the following European Universities having teaching units relevant to the MAIS:

*Germany: Freie Berlin, RWTH Aachen, Tübingen, Jena, Saarland, Ludwig-Maximilians;
Denmark: Copenhagen; Finland: Aalto; Netherlands: Leiden, Groningen;
Spain: Zaragoza, Valencia, Complutense of Madrid, Santiago de Compostela, Cantabria;
Italy: Salerno, Bologna, Milan, Pavia, Catania, Trento;
France: Pierre et Marie Curie, Lille, Inst. Polit. Grenoble Joseph Fourier;
Poland: Wroclaw, Kielce; Turkey: Kocaeli, Izmit; Romania: Babeş-Bolyai University, Craiova;
Czech Republic: Czech Technical University, Tomas Bata in Zlin..*

Some students also benefited from the partnership between the Astronomical Observatories of Paris and Coimbra to study solar physics.

The UC also has exchange programs with the United States (MAUI / Utrecht network), Australia (AEN / Utrecht network) and Brazil (various).

3.2.2 Parcerias nacionais com vista a promover a cooperação interinstitucional no ciclo de estudos, bem como práticas de relacionamento do ciclo de estudos com o tecido empresarial e o sector público.

A promoção da mobilidade de estudantes e docentes entre instituições está a cargo da Divisão de Relações Internacionais da UC e do Coordenador de Mobilidade do Departamento de Física (DF). A mobilidade de estudantes é formalizada através de acordos bilaterais que regulam o envio e a receção de estudantes por períodos pré-definidos e com planos de estudo e de equivalências previamente aprovados. O Coordenador de Mobilidade do DF desempenha papel relevante na prospeção e estabelecimento destes acordos. Atualmente, a UC tem mais de 700 acordos bilaterais Erasmus com várias universidades europeias e cerca de 200 acordos bilaterais com instituições de ensino superior de outros países.

A participação da UC em diversas redes de cooperação internacional é também fortemente potenciadora da cooperação interinstitucional.

O MAIE mantém relações de colaboração com empresas tecnológicas da região e integra estudantes em projetos espaciais dessas empresas.

3.2.2 National partnerships in order to promote interinstitutional cooperation within the study programme, as well as the relation with private and public sector

The International Relations Division of UC has the role of promoting the mobility of students and scholars between institutions. In this case this role is shared with the Mobility Coordinator of the Physics Department (DF). The mobility of students is formalized through bilateral agreements between UC and other universities, concerning sending and receiving students during predefined periods under pre-approved study plans and credits acknowledgments. The DF Mobility Coordinator plays a key role in prospecting and establishing these agreements. Currently, the UC has over 700 bilateral Erasmus agreements with various European universities plus about 200 bilateral agreements with higher education institutions of other countries.

The participation of UC in various international networks is also a driving force towards the interinstitutional cooperation.

The MAIS maintains relationships with technological companies in the region and integrates students in space

projects in those companies.

3.2.3 Colaborações intrainstitucionais com outros ciclos de estudos.

O MAIE da UC é lecionado em associação pelo Departamento de Física e pelo Departamento de Matemática em estreita colaboração com o Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra.

Há partilha de recursos letivos e de recursos humanos entre o Mestrado em Astrofísica e Instrumentação para o Espaço e os Mestrados em Física, Engenharia Física, Matemática, Engenharia Biomédica e Engenharia Geográfica. Prevê-se alargar esta colaboração também ao Mestrado em Geologia, uma vez que a área das ciências planetárias é investigada no Departamento de Ciências da Terra.

3.2.3 Intrainstitutional collaborations with other study programmes.

The MAIS of the UC is taught in association by the Department of Physics and the Department of Mathematics in close collaboration with the Geophysical and Astronomical Observatory of the University of Coimbra.

The academic and human resources are shared between the Masters in Astrophysics and Instrumentation for Space and the Masters in Physics, Engineering Physics, Mathematics, Biomedical Engineering and Geographic Engineering. The collaboration with the Master in Geology is also foreseeable soon, given that the field of planetary science is investigated in the Department of Earth Sciences.

4. Pessoal Docente e Não Docente

4.1. Pessoal Docente

4.1.1. Fichas curriculares

Mapa VIII - Alexandre Miguel Ferreira Lindote

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Alexandre Miguel Ferreira Lindote

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

20

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Carlota Isabel Leitão Pires Simões

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Carlota Isabel Leitão Pires Simões

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Filipe Manuel Almeida Veloso

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Filipe Manuel Almeida Veloso

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
20

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - João Manuel de Moraes Barros Fernandes

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
João Manuel de Moraes Barros Fernandes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - João Manuel Rendeiro Cardoso

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
João Manuel Rendeiro Cardoso

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Jorge Afonso Cardoso Landeck

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Jorge Afonso Cardoso Landeck

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - José Lopes Pinto da Cunha

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
José Lopes Pinto da Cunha

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Medicina

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Rui Ferreira Marques**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Rui Ferreira Marques

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Alex Heinz Ladislaus Blin**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Alex Heinz Ladislaus Blin

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

Mostrar dados da Ficha Curricular**Mapa VIII - Joaquim Marques Ferreira dos Santos****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Joaquim Marques Ferreira dos Santos

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Vitali Iourievitch Tchepel**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Vitali Iourievitch Tchepel

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Maria Isabel Silva Ferreira Lopes**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Maria Isabel Silva Ferreira Lopes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Associado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - António Carlos Sena São Miguel Bento**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

António Carlos Sena São Miguel Bento

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Paulo Jorge Baeta Mendes**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Paulo Jorge Baeta Mendes

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Francisco Filipe Bento Neves**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Francisco Filipe Bento Neves

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
20

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - João Miguel Carvalho Alves Moreira

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
João Miguel Carvalho Alves Moreira

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
20

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Pedro Henrique e Figueiredo Quaresma de Almeida

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):
Pedro Henrique e Figueiredo Quaresma de Almeida

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):
Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):
Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:
Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):
100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:
[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Manuel Joaquim Baptista Fiolhais

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Manuel Joaquim Baptista Fiolhais

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Catedrático ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - José Paulo Elvas Duarte de Almeida

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

José Paulo Elvas Duarte de Almeida

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Pedro Almeida Vieira Alberto

4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Pedro Almeida Vieira Alberto

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Rui Miguel Curado da Silva**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Rui Miguel Curado da Silva

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar convidado ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

20

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Paulo Manuel Antunes Mendes Gordo**4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

Paulo Manuel Antunes Mendes Gordo

4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

Universidade de Coimbra

4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

Faculdade de Ciências e Tecnologia

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar ou equivalente

4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

100

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa VIII - Maria Helena Almeida Vieira Alberto****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Helena Almeida Vieira Alberto***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***Universidade de Coimbra***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***Faculdade de Ciências e Tecnologia***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):***100***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Mapa VIII - Sergio José Coelho do Carmo****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Sergio José Coelho do Carmo***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***Universidade de Coimbra***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***Faculdade de Ciências e Tecnologia***4.1.1.4. Categoria:***Professor Auxiliar convidado ou equivalente***4.1.1.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):***20***4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**4.1.2 Mapa IX - Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)****4.1.2. Mapa IX - Equipa docente do ciclo de estudos / Map IX - Study programme's teaching staff**

| Nome / Name | Grau / Degree | Área científica / Scientific Area | Regime de tempo / Employment link | Informação/ Information |
|--|----------------------|--|--|---------------------------------|
| Alexandre Miguel Ferreira Lindote | Doutor | Física Experimental | 20 | Ficha submetida |
| Carlota Isabel Leitão Pires Simões | Doutor | Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Filipe Manuel Almeida Veloso | Doutor | Física Experimental | 20 | Ficha submetida |
| João Manuel de Moraes Barros Fernandes | Doutor | Astrofísica | 100 | Ficha submetida |
| João Manuel Rendeiro Cardoso | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Jorge Afonso Cardoso Landeck | Doutor | Física, Instrumentação | 100 | Ficha submetida |
| José Lopes Pinto da Cunha | Doutor | Física de Altas Energias | 100 | Ficha submetida |
| Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha | Doutor | Matemática Pura | 100 | Ficha submetida |

| | | | | |
|---|--------|---------------------------|-------------|---------------------------------|
| Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira | Doutor | Ciências Biomédicas | 100 | Ficha submetida |
| Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira | Doutor | Física Teórica | 100 | Ficha submetida |
| Rui Ferreira Marques | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Alex Heinz Ladislaus Blin | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Joaquim Marques Ferreira dos Santos | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Vitali Iourievitch Tchepel | Doutor | Física e Matemática | 100 | Ficha submetida |
| Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Maria Isabel Silva Ferreira Lopes | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| António Carlos Sena São Miguel Bento | Doutor | Física Aplicada | 100 | Ficha submetida |
| Filipa Isabel Gouveia de Melo Borges Belo Soares | Doutor | Física Tecnológica | 100 | Ficha submetida |
| Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais | Doutor | Geofísica Interna | 100 | Ficha submetida |
| Paulo Jorge Baeta Mendes | Doutor | Física da Radiação | 100 | Ficha submetida |
| Francisco Filipe Bento Neves | Doutor | Física Experimental | 20 | Ficha submetida |
| João Miguel Carvalho Alves Moreira | Doutor | Física | 20 | Ficha submetida |
| Pedro Henrique e Figueiredo Quaresma de Almeida | Doutor | Fundamentos da Computação | 100 | Ficha submetida |
| Manuel Joaquim Baptista Fiolhais | Doutor | Física teórica | 100 | Ficha submetida |
| José Paulo Elvas Duarte de Almeida | Doutor | Engenharia Geomática | 100 | Ficha submetida |
| Pedro Almeida Vieira Alberto | Doutor | Física Teórica | 100 | Ficha submetida |
| Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha | Doutor | Matemática Pura | 100 | Ficha submetida |
| Rui Miguel Curado da Silva | Doutor | Física | 20 | Ficha submetida |
| Paulo Manuel Antunes Mendes Gordo | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Maria Helena Almeida Vieira Alberto | Doutor | Física | 100 | Ficha submetida |
| Sergio José Coelho do Carmo | Doutor | Física Tecnológica | 20 | Ficha submetida |
| | | | 2720 | |

<sem resposta>

4.1.3. Dados da equipa docente do ciclo de estudos (todas as percentagem são sobre o nº total de docentes ETI)

4.1.3.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

4.1.3.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos / Full time teaching staff

| 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 full time teachers: | 26 | 95,59 |

4.1.3.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

4.1.3.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff

| 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 with a PhD (FTE): | 27.2 | 100 |

4.1.3.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

4.1.3.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

| 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 with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE): | 22.2 | 81,62 |
| Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE): | 0 | 0 |

4.1.3.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

4.1.3.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

| 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 / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years: | 26 | 95,59 |
| Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE): | 0 | 0 |

Perguntas 4.1.4. e 4.1.5

4.1.4. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente atualização

O procedimento de avaliação dos docentes da Universidade de Coimbra (UC) tem por base o disposto no “Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes da Universidade de Coimbra”, Regulamento n.º 398/2010 publicado no DR n.º 87, 2.ª Série, de 5 de Maio de 2010, retificado no DR. 2.ª Série, de 17 de Maio de 2010. Este regulamento define os mecanismos para a identificação dos objetivos de desempenho dos docentes para cada período de avaliação, explicitando a visão da instituição, nos seus diversos níveis orgânicos, e traçando, simultaneamente, um quadro de referência claro para a valorização das atividades dos docentes, com vista à melhoria da qualidade do seu desempenho.

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. Relativamente a cada uma das vertentes, a avaliação dos docentes pode incluir duas componentes: avaliação quantitativa e avaliação qualitativa.

A avaliação quantitativa tem por base um conjunto de indicadores e de fatores. Cada indicador retrata um aspeto bem definido da atividade do docente e os fatores representam uma apreciação valorativa, decidida pelo Conselho Científico ou pelo Diretor da Unidade Orgânica (UO) para cada área disciplinar. Os fatores permitem assim ajustar a avaliação quantitativa ao contexto de cada área.

A avaliação qualitativa é efetuada por painéis de avaliadores que avaliam o desempenho do docente em cada vertente.

O processo de avaliação compreende cinco fases (autoavaliação, validação, avaliação, audiência, homologação) e prevê os seguintes intervenientes: Avaliado, Diretor da UO, Conselho Científico da UO, Comissão de Avaliação da UO, Painel de Avaliadores, Conselho Coordenador da Avaliação do Desempenho dos Docentes e Reitor.

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.

4.1.4. Assessment of teaching staff performance and measures for its permanent updating

The academic staff performance evaluation procedures of the University of Coimbra (UC) are set in the “Regulation of Teachers’ Performance Evaluation of UC” – regulation no. 398/2010, published on the 5th of May, and amended on the 17th of May.

This regulation defines the mechanisms to identify teachers’ performance goals for each time span of evaluation, clearly stating the institution’s vision, across its different levels, and outlining simultaneously a clear reference board to value teachers’ activities with the purpose to improve their performance.

The teachers’ performance evaluation at UC is made on a three years basis and takes into account four dimensions: investigation, teaching, knowledge transfer, university management and other tasks. For each dimension, the teachers’ evaluation may include two variables: quantitative and qualitative.

Quantitative evaluation is based on a set of performance indicators and factors. Each performance indicator is a well-defined aspect of the teacher’s activity and the factors represent an evaluation, defined by the Scientific Board or the Director of the Organisational Unit (OU), for each subject area. Thus, factors allow quantitative evaluation to adjust the context of each subject area.

The qualitative evaluation is made by a panel of reviewers who evaluate teachers’ performance in each dimension. The evaluation procedures have five stages (self-evaluation, validation, evaluation, audience, and homologation) and include the following participants: teacher, OUs’ Director, OUs’ Scientific Board, OUs’ Evaluation Commission,

Evaluators Panel, Coordinator Council of Teachers' Performance Evaluation and Rector.

The final evaluation of each teacher is expressed in a four point scale: excellent, very good, good and not relevant. Before each new evaluation cycle each OU identifies, for the subject areas, a set of parameters that define the new goals of teachers' performance and its components, thus ensuring the continuous updating of the process.

4.1.5. Ligação facultativa para o Regulamento de Avaliação de Desempenho do Pessoal Docente

<http://dre.pt/pdf2sdip/2010/05/095000000/2642126421.pdf>

4.2. Pessoal Não Docente

4.2.1. Número e regime de dedicação do pessoal não docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

O pessoal não docente do Departamento de Física UC a, em regime de tempo integral, está distribuído por várias áreas de apoio à lecionação: serviços de secretariado (4), recursos letivos (2), serviços de biblioteca (1), recursos informáticos (1) e assistência técnica especializada (2). O pessoal não docente do Departamento de Matemática UC, em regime de dedicação

integral, está distribuído por várias áreas de apoio à lecionação: serviços de Secretariado (3), Recursos Letivos (2), serviços de Biblioteca (4), Recursos Informáticos (3) e assistência técnica ou operacional (4).

A dedicação do pessoal não docente às várias formações académicas (Programa de Doutoramento, Mestrados e Licenciaturas) em que o Departamento tem responsabilidade é partilhada pelos vários ciclos de estudos, fazendo-se de acordo com as necessidades de cada um deles.

Os vários ciclos de estudos beneficiam ainda de serviços de limpeza diários a cargo de uma empresa de limpeza contratada pela UC.

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

The members of the non-academic staff of the Physics Department of Coimbra University work in full time extending their activity over several areas, supporting teaching activities: secretarial services (4), academic resources (2), library services (1), informatics resources (1) and expert technical assistance (2). The administrative staff of the Department of Mathematics of the University of Coimbra working in full time, spreads its activity over several areas that support the teaching activities: Secretarial services (3), Academic resources (2), Library services (4), IT Resources (3) and technical or operational assistance (4).

The dedication of non-academic staff to the different study cycles (PhD Program, Masters and Undergraduate ones) for which the Physics Department is responsible is shared by the various study cycles, according to the needs of each one of them.

The various study cycles also benefit from daily cleaning services, provided by a cleaning company hired by UC.

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

O pessoal não docente afeto à lecionação dos vários ciclos de estudos da responsabilidade dos Departamento sde Física e Matemática da Universidade de Coimbra tem qualificações adequadas para as atividades que lhes estão atribuídas. As qualificações do pessoal não docente distribuem-se assim: Doutoramento - 1; Licenciatura - 2; 12º ano - 3; Inferior ao 12º ano - 4. O pessoal não docente afeto à lecionação dos vários ciclos de estudos da responsabilidade do Departamento

de Matemática da Universidade de Coimbra tem qualificações adequadas para as atividades que lhes estão atribuídas, com habilitações que variam entre a quarta classe (em 4 assistentes técnicos ou operacionais) e a licenciatura ou mestrado (4 técnicos superiores ou especialistas de informática).

As contratações mais recentes privilegiaram pessoal com qualificações mais elevadas.

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

The non-academic staff supporting the teaching activities of the various study cycles for which the Physics Department of the University of Coimbra is responsible has adequate qualifications for the activities to which they are assigned. The qualifications of the non-academic staff are distributed as follows: PhD - 1; Degree - 2; 12th year - 3; less than 12th year - 4.

The most recent hiring favoured personnel with higher qualifications. All the administrative staff members of the Department of Mathematics of the University of Coimbra have appropriate qualifications for the activities assigned to each one of them, with qualifications ranging from grade four (4 operational assistants) to bachelor or Master degrees (4 high technicians or computer experts).

4.2.3. Procedimentos de avaliação do desempenho do pessoal não docente.

A avaliação do desempenho do pessoal não docente é realizada através do Sistema integrado de gestão e avaliação do desempenho na Administração Pública - SIADAP, estabelecido pela Lei n.º 66-B/2007, de 28/12, que integra a avaliação do desempenho dos Serviços, dos Dirigentes e dos Trabalhadores.

O processo de avaliação do desempenho dos trabalhadores consubstancia-se na definição de parâmetros e metas, no acompanhamento do desempenho e na mensuração deste, considerando, não apenas as funções do trabalhador, mas também o seu desenvolvimento profissional. A diferenciação dos desempenhos é garantida pela fixação de percentagens máximas para os níveis de avaliação mais elevados.

Uma plataforma informática, concebida para o efeito, tem permitido gerir o processo com bastante rigor, facilitando

a articulação integrada, nas diversas fases, das atuações de todos os intervenientes, sem descurar a dimensão e as características intrínsecas da Universidade de Coimbra.

4.2.3. Procedures for assessing the non-academic staff performance.

The evaluation of non-teaching staff performance is accomplished through an Integrated Management and Performance Evaluation System of the Public Administration, established by the law 66-B/2007, which integrates the assessment of the services', managers' and workers' performances.

This evaluation process sets some parameters and goals, measures the performance follow up, considering not only the worker functions, but also his professional development. The performance differentiation is guaranteed by the setting of maximum percentages for the highest evaluation levels.

A computer platform, designed for this purpose, has allowed to manage the process with great accuracy, facilitating the integrated articulation, in the several phases, of all intervenient performances, without neglecting the dimension and the intrinsic characteristics of the Coimbra University.

4.2.4. Cursos de formação avançada ou contínua para melhorar as qualificações do pessoal não docente.

A formação do pessoal não docente visa, fundamentalmente, dotar o trabalhador dos conhecimentos e competências necessários às funções que desempenha, mas também ao seu desenvolvimento profissional e pessoal.

O levantamento das necessidades de formação é realizado a partir de diversas fontes, nomeadamente de inquéritos sobre necessidades de formação, da informação recolhida em sede de avaliação do desempenho, de propostas e sugestões endereçadas pelos trabalhadores, atendendo sempre às áreas definidas como estratégicas pelo governo da Universidade.

Habitualmente, o plano de formação congrega áreas muito diversas, como Gestão de Recursos Humanos, Contratação Pública, Gestão para a Qualidade, Atendimento e Comportamento Profissional, Tecnologias de Informação e Comunicação, Desenvolvimento de Competências de Liderança e Gestão de Equipas, Higiene e Segurança no Trabalho.

4.2.4. Advanced or continuing training courses to improve the qualifications of the non-academic staff.

The training of non-teaching staff aims fundamentally to provide the worker with knowledge and skills considering the function they perform, but also their professional and personal development.

The assessment of the training necessities is performed through several sources, namely training necessities surveys, information gathered in the performance evaluation head office, proposals and suggestions addressed by the workers and considering the areas defined as strategic by the government of the University.

Usually, the training plan gathers different areas such as Human Resources Management, Public Hiring, Management for Quality, Customer service and Professional Behaviour, Information and Communication Technologies, Leadership Skills Development and Teams Management, Hygiene and Safety at Work.

5. Estudantes e Ambientes de Ensino/Aprendizagem

5.1. Caracterização dos estudantes

5.1.1. Caracterização dos estudantes inscritos no ciclo de estudos, incluindo o seu género e idade

5.1.1.1. Por Género

5.1.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

| Género / Gender | % |
|-------------------|----|
| Masculino / Male | 75 |
| Feminino / Female | 25 |

5.1.1.2. Por Idade

5.1.1.2. Caracterização por idade / Characterisation by age

| Idade / Age | % |
|------------------------------|----|
| Até 20 anos / Under 20 years | 0 |
| 20-23 anos / 20-23 years | 25 |
| 24-27 anos / 24-27 years | 50 |

5.1.2. Número de estudantes por ano curricular (ano letivo em curso)**5.1.2. Número de estudantes por ano curricular (ano letivo em curso) / Number of students per curricular year (current academic year)**

| Ano Curricular / Curricular Year | Número / Number |
|---|-----------------|
| 1º ano curricular / 1st curricular year | 2 |
| 2º ano curricular / 2nd curricular year | 2 |
| | 4 |

5.1.3. Procura do ciclo de estudos por parte dos potenciais estudantes nos últimos 3 anos.**5.1.3. Procura do ciclo de estudos / Study programme's demand**

| | Penúltimo ano / One before the last year | Último ano/ Last year | Ano corrente / Current year |
|--|--|-----------------------|-----------------------------|
| N.º de vagas / No. of vacancies | 20 | 20 | 20 |
| N.º candidatos 1.ª opção / No. 1st option candidates | 2 | 2 | 4 |
| N.º colocados / No. enrolled students | 2 | 2 | 4 |
| N.º colocados 1.ª opção / No. 1st option enrolments | 2 | 2 | 4 |
| Nota mínima de entrada / Minimum entrance mark | 14 | 13 | 13 |
| Nota média de entrada / Average entrance mark | 15 | 14 | 14 |

5.1.4. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes (designadamente para discriminação de informação por ramos)**5.1.4. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes (designadamente para discriminação de informação por ramos)**

<sem resposta>

5.1.4. Additional information about the students' characterisation (information about the students' distribution by the branches)

<no answer>

5.2. Ambientes de Ensino/Aprendizagem**5.2.1. Estruturas e medidas de apoio pedagógico e de aconselhamento sobre o percurso académico dos estudantes.**

A UC, através da Divisão de Aconselhamento e Integração dos Serviços de Ação Social, mais concretamente do Núcleo de Integração e Aconselhamento, presta apoio psicopedagógico aos estudantes da UC e apoio no âmbito das necessidades educativas especiais em articulação com os órgãos de gestão da UC/UO.

O Gabinete de Apoio ao Estudante, da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação, dá não só resposta aos estudantes desta faculdade como apoia todos os outros e demais estruturas da UC, sempre que solicitado, particularmente nas seguintes áreas: apoio psicológico e psicopedagógico, aconselhamento de carreira.

5.2.1. Structures and measures of pedagogic support and counseling on the students' academic path.

The Coimbra University, through the Division of Counseling and Social Action Integrations' Services, namely through the Center for Integration and Counseling, provides educational psychological support to students at UC and also support within the special educational needs, in conjunction with the management bodies of the UC / UO.

The Student Support Office, from the Faculty of Psychology and Educational Sciences, provides support not only to his students but also to every other student, staff and university services, when requested, especially in the areas of psychological support and career counseling.

5.2.2. Medidas para promover a integração dos estudantes na comunidade académica.

Para promover uma melhor integração dos estudantes que chegam à UC pela 1ª vez, a instituição tem um conjunto de respostas de carácter transversal (por exemplo, semana de acolhimento no período de matrículas; receção pelo Reitor e programa de formação extracurricular ao longo do ano; programa de peer counseling), a que se associam atividades específicas, desenhadas pelos coordenadores de curso/ciclo de estudo, em articulação com os diretores de UO e com os núcleos de estudantes.

A integração de estudantes estrangeiros é muito apoiada pela Divisão de Relações Internacionais, constituindo o "programa buddy" uma preciosa ajuda para quem acaba de chegar e não fala português.

Um conjunto alargado de iniciativas científicas, culturais, desportivas e de fóruns de discussão constituem suportes importantes para esse processo de integração, numa parceria tão estreita quanto necessária entre Reitoria, Unidades Orgânicas e AAC.

5.2.2. Measures to promote the students' integration into the academic community.

In order to promote the integration of the students who are in Coimbra for the first time, the University has a serie of transversal supports (as an example, counseling week during the registration period; reception by the Rector and extracurricular workshops through the year; peer counseling program). There are specific activities, designed by the degree/cycle of studies coordinators in collaboration with the organic units' directors and the students' groups, which are associated to these answers.

The foreign students' integration is enthusiastically supported by the International Relations Unit. The 'Buddy program' is a precious help to those who have just arrived and do not speak portuguese.

A wide range of scientific, cultural and sports initiatives, as well as debate forums, constitute an important support to the integration process, in a close partnership between the Rectory, the organic units and the AAC.

5.2.3. Estruturas e medidas de aconselhamento sobre as possibilidades de financiamento e emprego.

A universidade dispõe de uma estrutura ramificada e próxima dos estudantes que lhe permite dar resposta às suas necessidades no aconselhamento sobre possibilidades de financiamento e emprego. A Divisão de Planeamento e Saídas Profissional (DPSP), a Divisão de Inovação e Transferências do Saber (DITS), a Divisão de Apoio e Promoção da Investigação (DAPI) e a Divisão de Projetos e Atividades (DPA) dão apoio central e transversal a toda a academia nestes domínios de forma bastante articulada e concertada. Estas estruturas são ainda complementadas com os núcleos de estudantes da Associação Académica de Coimbra para a realização de algumas iniciativas específicas.

5.2.3. Structures and measures for providing advice on financing and employment possibilities.

The University of Coimbra has a branched structure to counsel the students about funding and employment possibilities. The Careers Service of the University, the Innovation and Transfer of Knowledge Division, the Research Support and Promotion Division and the Projects and Activities Office support the whole university within these fields in a well-articulated and concerted way. These structures are also complemented by the students' sections of Coimbra's Academic Association to promote some specific initiatives.

5.2.4. Utilização dos resultados de inquéritos de satisfação dos estudantes na melhoria do processo ensino/aprendizagem.

No final de cada semestre, conforme procedimento estabelecido na UC, é aplicado um inquérito pedagógico aos estudantes. Os principais resultados deste inquérito são imediatamente integrados no subsequente inquérito aos docentes para que estes façam uma reflexão sobre os mesmos. Todos os resultados dos inquéritos e reflexões dos docentes são integrados na autoavaliação do ciclo de estudos e da UO, bem como na definição das ações a implementar.

A coordenação do curso bem como as comissões científicas dos Departamentos de Física e Matemática analisam em detalhe os resultados dos apurados nos inquéritos em cada ano e atuam em conformidade, com vista a corrigir eventuais desvios, intervindo ao nível da estratégica pedagógica, do método de avaliação ou mesmo da distribuição de serviço docente no ano subsequente.

5.2.4. Use of the students' satisfaction inquiries on the improvement of the teaching/learning process.

At the end of each semester, according to the procedure established at the university, an educational survey of students is conducted. The main results of this survey are immediately integrated in the subsequent teachers' survey so that they can reflect about them. All survey results and teachers' reflections are incorporated in the study cycle and OU self-assessments, and in the definition of improvement actions.

The course coordinator and the scientific committees of the Departments of Physics and Mathematics analyse in depth the results of the inquiries and act accordingly in order to correct any deviations, intervening at the level of pedagogical strategy, in the assessment methods, and ultimately change the teaching teams in subsequent years.

5.2.5. Estruturas e medidas para promover a mobilidade, incluindo o reconhecimento mútuo de créditos.

A UC criou uma rede interna coordenada pela Divisão de Relações Internacionais (DRI) com o objetivo de promover uma mobilidade de qualidade respeitando escrupulosamente as regras do ECTS. Em todas as unidades orgânicas/departamentos existem coordenadores que se ocupam fundamentalmente do contrato de estudos e do

reconhecimento dos créditos obtidos.

A DRI promove a mobilidade através de sessões de informação nas unidades orgânicas e através da sua página em linha que mantém permanentemente atualizada.

A internacionalização é uma das prioridades estratégica da UC. Apesar da mobilidade ser a principal componente estão a ser dados passos firmes no sentido da promoção e desenvolvimento de diplomas conjuntos quer a nível da participação em projetos ERASMUS MUNDUS quer a nível de outras parcerias inspiradas nesse modelo. A atração de estudantes e investigadores e docentes estrangeiros é outro vetor importante da internacionalização.

5.2.5. Structures and measures for promoting mobility, including the mutual recognition of credits.

The university has created an internal network that is coordinated by the International Relations Unit (DRI) to promote quality mobility, accordingly to the ECTS regulations. In every organisational unit/department there are coordinators who address the study's contract and the recognition of the obtained credits.

The DRI promotes mobility through briefing sessions at the organisational units and through its online page, which is constantly updated.

Internationalization is one of the University's strategic priorities. Even though mobility is its main component, steady steps are being taken in order to promote and develop joint degrees, participating in projects such as ERASMUS MUNDUS and others alike. Another important vector of the internationalization is the mobility of foreign students, investigators and professors.

6. Processos

6.1. Objetivos de ensino, estrutura curricular e plano de estudos

6.1.1. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes, operacionalização dos objetivos e medição do seu grau de cumprimento.

O Mestrado tem o objetivo de dar formação especializada nas áreas da Astrofísica e da Instrumentação para o Espaço a diplomados em Física, Engenharia e áreas afins, com vista a formar profissionais que possam interagir ou integrar equipas científicas de grandes organizações (e.g, ESA, ESO, NASA, etc...) e empresas tecnológicas com actividades na área do espaço.

A estrutura muito versátil do Mestrado, permite ao estudante escolher unidades curriculares que mais se ajustem ao seu perfil e que melhor complementem a sua formação anterior, face às áreas de oportunidade que mais lhe interessem. Assim, pode centrar-se mais na astrofísica, na cosmologia teórica, na modelação computacional e análise de dados, ou ser mais voltada para a instrumentação, navegação e geo-observação.

O Mestrado pretende dar os instrumentos para interagir e colaborar no contexto fortemente multidisciplinar da astrofísica atual e da atividade no domínio do espaço.

Cada disciplina tem uma ficha de especificação técnica amplamente divulgada através do site web do DF, sendo objetivos de cada unidade curricular bem conhecidos dos estudantes e dos docentes.

A elaboração de sumários de todas as aulas lecionadas permite em cada momento monitorizar o cumprimento dos objetivos programáticos previstos para cada unidade curricular.

Ao longo do curso é incentivada a capacidade do aluno para resolver e discutir problemas e expor as suas conclusões, quer oralmente quer por escrito. A medida do grau de cumprimento individual dos objetivos propostos varia de acordo com a unidade curricular, podendo ser feita através de realização de provas escritas e orais ou por via da realização e discussão de trabalhos e relatórios acerca de matérias específicas, de acordo com o previsto para essa unidade curricular.

A prossecução dos objetivos gerais do curso é também ponderada a partir da capacidade evidenciada pelos alunos que apresentam seminários públicos e pela discussão das dissertações de Mestrado e as opiniões expressas pelos respetivos júris acerca da qualidade dessas teses.

6.1.1. Learning outcomes to be developed by the students, their translation into the study programme, and measurement of its degree of fulfillment.

The Master aims to give specialized training in the fields of Astrophysics and Instrumentation for Space to graduates in physics, engineering and related fields, in order to train professionals who can interact or integrate scientific teams on large organizations (eg, ESA, ESO, NASA, etc ...) and technological companies with activities in the space domain.

The versatile structure of the Master study's plan, allows students to choose courses that best fit their profiles and that best complement their previous training, given the opportunity areas that most interest them. Thus, it can focus more on astrophysics, theoretical cosmology, computational modeling and data analysis, or be more focused on instrumentation, navigation and geo-observation.

The Master aims to give the tools for the graduate to interact and collaborate in the strongly multidisciplinary context of the current astrophysics and in the arena of space activities.

Each discipline has a technical specification widely disseminated through the web site of the DF, which means that the objectives of each course unit are well known to both students and teachers.

The preparation of summaries of all taught classes allows in every moment to monitor the fulfilment of the programme objectives for each subject course unit.

Throughout the course students are encouraged to solve and discuss problems and extract conclusions, either orally or in writing, in order to develop their autonomy and independence. The degree of individual compliance with the proposed objectives is assessed through student assessments, either by written papers or through oral discussions of scientific papers and reports on specific matters, depending of the subject unit.

The pursuit of the general objectives of the course is also considered and pondered from the capacity demonstrated by the students when presenting public seminars and from the public discussions of masters theses, including the views expressed by the juries about the quality of these theses.

6.1.2. Periodicidade da revisão curricular e forma de assegurar a atualização científica e de métodos de trabalho.

Por questões de ordem prática, as revisões de fundo do programa curricular têm a periodicidade do ciclo de avaliação/acreditação do curso, aproveitando quer a reflexão que esta suscita, quer a oportunidade que abre de proceder a alterações.

Para além disso, há alterações curriculares sempre que se revelem convenientes, partindo do juízo que é feito sobre os indicadores de qualidade apurados anualmente, procedendo à revisão da lista de opções que é proposta anualmente, nos termos previstos, publicados no DR.

Poderão ainda eventualmente ser feitos anualmente ajustes pontuais aos programas e metodologias de algumas unidades curriculares, sendo essas alterações supervisionadas pelo coordenador do curso.

6.1.2. Frequency of curricular review and measures to ensure both scientific and work methodologies updating.

For practical reasons, major revisions of the curriculum have the periodicity of the evaluation/accreditation cycle of the masters course, taking advantage of both the implied reflection that this raises, along with the opportunity that is opened to make changes.

In addition, there are curricular changes whenever appropriate, based on the judgment that is made on the quality indicators evaluated annually, namely by revising the list of optional subjects that is proposed every year, in terms as foreseen/published in the DR.

Minor adjustments to programmes and methodologies of some subjects may also possibly be made annually, supervised by the course coordinator.

6.2. Organização das Unidades Curriculares

6.2.1. Ficha das unidades curriculares

Mapa X - Simulação Numérica de Modelos

6.2.1.1. Unidade curricular:

Simulação Numérica de Modelos

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo TP=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Pretende-se que os alunos adquiram as competências necessárias para analisar, resolver numericamente e interpretar a solução de problemas que surgem nos domínios da ciência ou engenharia. Cada um dos quatro capítulos que constitui o programa, corresponde a um tipo de problema específico que os alunos são convidados a estudar através da realização de um pequeno projecto.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

It is intended that students acquire the skills to analyze, interpret and solve numerically solving problems that arise in science and engineering. Each of the four chapters that constitute the program corresponds to a specific type of problem that students are asked to study by conducting small projects.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Capítulo 1. Integração geométrica

1. Alguns problemas interessantes

- 2. O método de Störmer-Verlet
- 3. Propriedades geométricas (*)
- 4. Conservação de integrais primeiros
- 5. Análise regressiva do erro (*)
- Capítulo 2 Técnicas de Fourier em problemas de evolução
 - 1. Preliminares
 - 2. Revisões de séries de Fourier
 - 3. Análise de Fourier de problemas de condição inicial
 - 4. Análise discreta de Fourier
 - 5. Transformadas discretas de Fourier versus séries de Fourier
 - 6. Métodos espectrais (*)
- Capítulo 3 Métodos Multigrid
 - 1 A equação de Poisson
 - 2 Métodos iterativos básicos
 - 3 Multigrid (*)
 - 4 Análise teórica da multigrid
- Capítulo 4 Métodos numéricos para leis de conservação
 - 1 Métodos conservativos
 - 2 Métodos numéricos para leis de conservação
 - 3 Métodos de Volumes Finitos: Método de Godunov (*)

6.2.1.5. Syllabus:

- Chapter 1. Geometric Integration
 - 1. Some interesting problems
 - 2. The method Störmer-Verlet
 - 3. Geometric properties
 - 4. Conservation first integrals
 - 5. Regressive error analysis
- Chapter 2 Fourier techniques in evolving problems
 - 1. Preliminary
 - 2. Fourier series (review)
 - 3. Initial condition problems of Fourier Analysis
 - 4. Discrete Fourier Analysis
 - 5. Discrete Fourier Transforms versus Fourier series
 - 6. Spectral Methods
- Chapter 3 Multigrid Methods
 - 1 Poisson equation
 - 2 Basic Iterative methods
 - 3 Multigrid
 - 4 Theoretical analysis of multigrid
- Chapter 4 Numerical methods for conservation laws
 - 1 Methods conservative
 - 2 Numerical methods for conservation laws
 - 3 Finite Volume Methods: Godunov method

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

Os métodos e técnicas de análise numérica são apresentados como poderosas ferramentas para a resolução de inúmeros problemas de índole diversa, e.g. a representação de sinais, a integração de equações diferenciais, os métodos de simulação, problemas de optimização, etc...

As aulas fornecem a base para a resolução de problemas e são orientadas à aplicação prática a problemas concretos tipificados e estudos de casos. Dar-se-á ênfase à escolha das melhores metodologias face às situações em estudo, atendendo nomeadamente ao custo computacional, rigor, precisão, escala, etc... As aulas teórico-práticas dão a experiência de saber feito e habilitam os alunos para serem autônomos na aplicação das técnicas abordadas a problemas concretos. No final os alunos escolhem um projecto para o qual criam um modelo, implementam esse modelo, obtêm resultados e discutem-nos, provando assim a aquisição de conhecimentos ao longo da unidade curricular.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The methods and numerical analysis techniques are presented as powerful tools to solve numerous problems of different nature, eg the representation of signals, integration of differential equations, simulation methods, optimization problems, etc ...

Classes provide the basis for resolving problems and are oriented towards practical applications to typified real problems and case studies. Emphasis is put on choosing the best methodologies to situations under study, particularly as regards computational cost, accuracy, precision, scale, etc ... The theory-practical classes add to the knowledge expertise that enable students to be autonomous in the application of the techniques addressed to actual concrete problems. In the end students select a project for which they have to create a model, implement this

model, obtain results and discuss them, thus proving the knowledge acquired throughout this course unit.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas mais teóricas usam os recursos habituais, como o quadro negro e vídeo projecção de materiais e animações computacionais;

As aulas serão sobretudo de discussão das matérias incluindo o estudo de casos exemplificativos.

As aulas são abertas a discussão com os estudantes.

As aulas serão orientadas ao desenvolvimento de projectos que procurem resolver problemas exemplificativos de casos frequentes e modelos de situações típicas, em vários domínios da física, ou noutros domínios.

Procura-se desenvolver o espírito crítico e a criatividade dos alunos encorajando-os a sugerir ideias, temas, etc, cuja solução possa ser dada pelo método de Monte Carlo ou outros métodos numéricos desenvolvidos na disciplina.

Avaliação

Avaliação (apresentação e discussão de temas da matéria ou com ela relacionados, escolhidos por sugestão do aluno - 10.0%, Projecto - 50.0%, Resolução de problemas - 40.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The theory oriented classes use the usual teaching tools available such as a blackboard and the video projection of materials and computer animations;

Classes will be focused mainly on discussing the matters including case studies and the study of illustrative examples.

Classes are open to discussion with the students.

Classes will be oriented towards the development of projects that seek to solve illustrative problems that are frequent and models of typical situations, in various fields of physics, or other areas.

Seeks to develop critical thinking and the creativity of students by encouraging them to suggest ideas, themes, etc., whose solution can be given by the Monte Carlo methods or other numerical methods developed in the course unit.

Evaluation

Evaluation (presentation and discussion of topics of the programme or in connection with it, chosen at the suggestion of students - 10.0% Project - 50.0%, Problem solving - 40.0%).

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

Os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas de cariz mais teórico-práticas são postos em prática nas aulas essencialmente práticas em que os alunos são colocados perante problemas que devem resolver numericamente usando os métodos e as técnicas que estiverem sendo abordadas.

Ainda nas aulas TP os alunos investigam e exploram as diferentes arquiteturas de solução, comparam-nas e estabelecem as vantagens e desvantagens de cada uma delas, nomeadamente em termos de otimização.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The theoretical knowledge acquired in more theory oriented lessons are applied on essentially practical classes in which students are faced to / placed before problems that have to be solved numerically using the methods and techniques that are being then addressed.

Moreover in the TP classes students are urged to search to and explore different solution architectures, compare them and establish the advantages and disadvantages of each, particularly in terms of optimization.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. E. Hairer, C. Lubich, G. Wanner, Geometric numerical integration illustrated by the StormerVerlet method, Acta Numerica (2003), pp. 399450.

2. C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni, T.A. Zang, Spectral Methods in Fluid Dynamics, Springer, New York, 1988.

3. Leveque, R.J. Finite volumes for hyperbolic problems, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

4. McCormick, S. Multigrid methods Philadelphia SIAM, Philadelphia, 1987

Mapa X - Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis

6.2.1.1. Unidade curricular:

Análise e Processamento de Imagem / Image Processing and Analysis

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Nuno David Sousa Chichorro Fonseca Ferreira - OT + PL + T = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

6.2.1.4. 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.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

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*

6.2.1.5. 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, melhoria de imagem. Filtragem espacial.

Processamento no domínio espectral: Transformadas de Fourier. Filtros. FFT. Teorema da convolução e da correlação.

Restauro de imagem: Modelo do processo de degradação/restauro da imagem. Modelos de ruído. Desconvolução.

Processamento da cor: Modelos de cor.

Processamento da forma e segmentação: Dilatação, erosão. Detecção/extracção 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.

6.2.1.5. Syllabus:

Introduction.

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.

6.2.1.6. 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.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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.

6.2.1.7. 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 projecto de programação com relatório ou um trabalho escrito sobre um tema)*

Avaliação:

- *Avaliação (Frequência - 70.0%, Mini Testes - 20.0%, Projecto - 10.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- *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.*
- *Writing of an essay (either a programming project's report or an essay on a given theme).*

Evaluation:

- *Assessment (Frequency - 70.0%, Mini Tests - 20.0%, Project - 10.0%)*

6.2.1.8. 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.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Livro de referência / main book:

R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2nd ed., 2001

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 X - Bases de Dados / Databases

6.2.1.1. Unidade curricular:

Bases de Dados / Databases

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Pedro Henrique e Figueiredo Quaresma de Almeida, TP=75

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Modelação de problemas relacionados com a gestão de grandes quantidades de informação e consequente implementação numa Base de Dados. Conhecimentos das ferramentas técnicas duma Base de Dados.

As principais competências a desenvolver são: utilização de ferramentas computacionais; capacidade de generalização e abstração; capacidade de formular e resolver problemas; conceção ou utilização de modelos matemáticos para situações reais; argumentação lógica; uso da internet como meio de comunicação e fonte de informação; capacidade de trabalho em equipa; imaginação e criatividade.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Database modeling of large scale information problems. Knowledge of tools and technics to implement and maintain a database system.

The main competencies to be developed are: skills in computational tools; generalisation and abstraction; be able to formulate and solve new problems; implementation of mathematical models in real live situations; logical reasoning; team work; personal initiative; use of the Internet as a source of information; imagination and creativity.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Conceitos fundamentais sobre um Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBDs). Níveis de abstração. O modelo Entidade – Associação. O modelo relacional. A linguagem SQL. Integridade e Segurança. Dependências funcionais e normalização.

6.2.1.5. Syllabus:

Fundamental concepts about the DBMSs. Levels of abstraction and the Entity-Relationship Model. The Relational Model. The SQL language. Normalization. Security and integrity of the databases.

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

O modelo entidade-associação a sua transformação no modelo relacional e consequente implementação numa base de dados relacional é a forma normal de modelar e implementar problemas na área das bases de dados. Os sistemas de gestão de bases de dados relacionais e linguagem SQL, os processos de normalização e de gestão de bases de dados (SGBD) são conhecimentos fundamentais nesta área.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The entity-relationship model is recognized as the standard form of database modeling, the transformation of this model into the relational model and the implementation in a relational database is, also, a standard in the database area. The study of the SQL language, the normalization of a relational databases and some knowledge about DBMS administration fits in the goals described above.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são de dois tipos: de natureza expositiva com apresentação dos tópicos do programa e de exemplos de aplicação; laboratoriais (computacional), nos quais os alunos tem acesso às ferramentas próprias de um SGBD, resolvendo exercícios práticos.

Avaliação:

- Avaliação (Frequência - 70.0%, Projecto - 30.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Two types of classes: expository style with examples and exercises to apply the material being taught. Computational Laboratory: with practice of an DBMS implementing databases problems in a relational database.

Evaluation:

- Assessment (Frequency - 70.0%, Project - 30.0%)

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

A exposição teórica, com a apresentação de exemplos e a resolução de alguns exercícios permite a aprendizagem dos conceitos fundamentais necessários à modelação e implementação de problemas da área das bases de dados. As aulas laboratoriais permitem consolidar o que foi aprendido nas aulas teóricas e também o aprender das ferramentas necessárias à implementação e manutenção de uma base de dados.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The theoretical exposition, with examples and exercises, allow the learning of the concepts needed for the modeling and implementation of database problems and the other related issues. The laboratory classes allow the strengthening of this concepts and also the learning of the tools needed to implement and maintain a database.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

A. Silberschatz, H. Korth, S. Sudarshan, Database System Concepts, sexta edição, McGraw-Hill, 2010.

J.L.M. Pereira, Tecnologia de Bases de Dados, 3ª Edição, FCA-Ed.Informatica, 1998.

6.2.1.1. Unidade curricular:***Cartografia Digital / Digital Cartography*****6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*****José Paulo Elvas Duarte de Almeida, T+TP=75*****6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:*****n/a*****6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Esta unidade curricular destina-se a abordar a cartografia do ponto de vista operacional com vista à produção de cartografia oficial ou homologada. Pretende-se assim que os alunos saibam construir modelos cartográficos de forma eficiente utilizando os meios informáticos disponíveis actualmente, e obedecendo às normas nacionais e europeias em vigor.*****6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:*****This course is designed to cover the overall operational aspects of cartography towards the production of official or certified mapping. In the light of current national and European standards, the main goal is to prepare students for the design and implementation of effective cartographic models using IT means available.*****6.2.1.5. Conteúdos programáticos:*****1. INTRODUÇÃO GERAL******1.1 A presença de mapas e cartas; definições******1.2 Impacto da evolução tecnológica na cartografia******1.3 Tecnologias integrantes******1.4 Classificação das cartas******2. PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA******2.1 Fases técnicas do processo******2.2 Fase científica do processo******2.3 Seccionamento de uma série cartográfica******3. SIMBOLOGIA E TEXTO CARTOGRÁFICOS******3.1 Generalidades******3.2 Simbologia******3.3 Texto******4. DADOS DIGITAIS******4.1 Armazenamento de dados digitais******4.2 Representação de dados digitais******4.3 Utilização da SCN10k como base cartográfica num SIG******5. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS******6. SÉRIES CARTOGRÁFICAS PORTUGUESAS******6.1 Sistemas de representação plana******6.2 Enquadramento das séries cartográficas civis******6.3 Enquadramento das séries cartográficas militares******7. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA******7.1 Generalidades******7.2 Formas de generalização******7.3 Diretrizes para generalizar******8. META-INFORMAÇÃO E NORMALIZAÇÃO******8.1 Metadados******8.2 Normas internacionais******8.3 Diretiva europeia INSPIRE*****6.2.1.5. Syllabus:*****INTRODUCTION******1.1 Pertinence of maps; definitions******1.2 Impact of technological evolution on cartography******1.3 Integrating technologies******1.4 Classification of maps******2. CARTOGRAPHIC PRODUCTION******2.1 Technical phases of the process******2.2 Scientific phase of the process******2.3 Cartographic series sectioning******3. CARTOGRAPHIC SYMBOLOGY & TEXT******3.1 Generalities******3.2 Symbology***

3.3 Text**4. DIGITAL DATA****4.1 Storage of digital data****4.2 Representation of digital data****4.3 Use of SCN10k in a GIS environment****5. CARTOGRAPHIC PROJECTIONS****6. PORTUGAL'S CARTOGRAPHIC SERIES****6.1 Planimetric representation systems****6.2 Civil mapping agency's series****6.3 Military mapping agency's series****6.4 Worldwide systems****6.5 Coordinate transformation between systems****7. CARTOGRAPHIC GENERALISATION****7.1 Generalities****7.2 Different forms of generalisation****7.3 Generalisation guide****8. METAINFORMATION & STANDARDS****8.1 Metadata****8.2 International standards****8.3 European directive: INSPIRE****6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

Os estudantes começam por rever os conceitos básicos da cartografia em geral e do porquê da importância de mapas/cartas na história da humanidade até aos dias de hoje. Os estudantes familiarizam-se de seguida com as fases metodológicas que estão na base da produção cartográfica em geral, tanto técnicas como científicas, incluindo os aspetos específicos relacionados com a generalização cartográfica; é feita também uma revisão das diferentes séries cartográficas portuguesas, civis e militares. Só depois é então abordado o aspecto que mais caracteriza o curso: as formas de armazenamento e representação de dados cartográficos digitais. Como exemplo prático, é feito um estudo detalhado do modelo de dados digitais da série nacional cartográfica 1:10000 (SNC10k), a primeira a ser produzida em Portugal de forma integralmente digital. Finalmente, é mostrado aos estudantes como esta série cartográfica está preparada e pode ser utilizada em ambiente SIG.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Students first revisit basic concepts on general cartography and on how pertinent maps are in humanity's history. Students then come across the different methodological stages, both scientific & technical, of master mapping production in Portugal; this also includes a particular emphasis on cartographic generalisation. Students then review Portuguese civil and military cartographic series. It is not until this stage that students actually cover the main aspect of the course: storage and representation of digital cartographic data. As a practical example, the digital data model of Portugal's 1:10000 master map (SNC10k, the first ever to be fully digitally produced) is reviewed in detail. Finally, students learn how to use this particular cartographic dataset in a GIS environment.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conhecimentos teóricos e técnicos são expostos aos estudantes nas aulas T e TP. Tais conhecimentos são depois aplicados no decurso das aulas PL na execução de um protótipo de um modelo numérico topográfico (MNT) utilizando dados simulados. São apresentados aos alunos alguns conceitos de ponta – como a multicodificação em cartografia digital – incentivando-se a aprendizagem autónoma no decorrer da elaboração deste projecto.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 75.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 25.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Tuition is delivered in both theoretical (T and TP) and practical (PL) lectures. Course topics are presented over T and TP lectures; PL classes take place in laboratory – besides elementary exercises in class, students are meant to undertake two course works covering: the design of a generic digital map; the production of a multicoded master map; course works are carried out by the students themselves individually, under the supervision of the regent lecturer. Finally, tuition methods also include individual tutorials over office hours for the discussion of specific matters whenever needed.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 75.0%, Laboratory work or Field work - 25.0%)

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

As componentes científicas e técnicas da unidade curricular são lecionadas nas aulas T e TP, e que são avaliadas

num exame final escrito. Nas aulas PL em laboratório TI são feitos exercícios práticos que permitem aos estudantes aplicar os conceitos apreendidos nas aulas T e TP. A avaliação das capacidades que os alunos adquiriram para implementar na prática as metodologias lecionadas é feita mediante a realização do projecto prático que implica: a conceção do protótipo de um modelo numérico multicodificado de dados cartográficos, a sua implementação, bem como a execução de um relatório com a descrição do trabalho desenvolvido. A realização do trabalho prático implica capacidade de aplicação prática de conhecimentos teóricos, de análise, síntese, comunicação, espírito crítico e aprendizagem autónoma. A realização dos trabalhos práticos e do exame escrito permite avaliar se e como foram apreendidos pelos estudantes os vários aspetos lecionados.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Theoretical and technical components of the course are taught in both T and TP classes, which are assessed in the final written assignment. Exercises undertaken in PL classes, held in a laboratory, enable students to directly apply concepts learned in the theoretical classes (T and TP). Evaluation of acquired skills by students to implement taught methodologies is carried out through a course work that requires the design of a multicoded cartographic digital model, its implementation, and the elaboration of a short report. Carrying out the course work requires synthesis and analysis, communication, problem solving, critical thinking, autonomous learning and practical application of theoretical knowledge skills. A final assessment including such a practical component above and a written exam allows the full evaluation of whether and how the different taught aspects were indeed acquired by the students.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

MATOS, J.L. (2008): Fundamentos de Informação Geográfica (5ª. ed.). Edições Lidel.

ROBINSON, A. H. [at al.] (1995): Elements of Cartography (6th ed.). John Wiley & Sons.

Mapa X - Ciências Planetárias / Planetary Sciences

6.2.1.1. Unidade curricular:

Ciências Planetárias / Planetary Sciences

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

José Lopes Pinto da Cunha - OT + T + TP = 15.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

João Manuel de Morais Barros Fernandes - OT + T + TP = 30.00

Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais - OT + T + TP = 15.00

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

Cultura geral em Ciências Planetárias. Conhecer as propriedades mais importantes das diversas classes de corpos do Sistema Solar. Compreensão dos fenómenos físicos mais relevantes em Ciências Planetárias. Capacidade para resolver problemas. Desenvolvimento da capacidade para estimar resultados por ordem de grandeza. Capacidade para procurar e utilizar publicações científicas especializadas. Sendo as Ciências Planetárias uma área muito ligada à instrumentação para o Espaço pretende-se ainda o desenvolvimento da capacidade de identificar e conceptualizar: (i) a instrumentação para medição de parâmetros observáveis e (ii) a modelização necessária para previsão de parâmetros observáveis.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

General culture in Planetary Sciences. Know the most important properties of the various classes of bodies in the Solar System. Understanding the relevant physical phenomena in planetary sciences. Ability to solve problems. Developing the capacity to estimate results based on general arguments. Ability to search and use specialized scientific publications. Being Planetary Sciences a very bonded area to instrumentation for space it is intended to further develop the capacity to identify and conceptualize: (i) the instrumentation for measuring observable parameters and (ii) the modeling necessary to forecast observable quantities.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1- O Sistema Solar:

1.1- Inventário do Sistema Solar;

1.2- Propriedades dos corpos do Sistema Solar;

1.3- Métodos de estudo do Sistema Solar;

1.4- Modelos de formação do Sistema Solar.

2- Dinâmica do Sistema Solar:

- 2.1- *Revisão do problema de dois corpos;*
- 2.2- *O problema dos três corpos, pontos de Lagrange e ressonâncias;*

3- Os Planetas Terrestres:

- 3.1- *Estrutura interna dos planetas terrestres;*
- 3.2- *Processos superficiais dos planetas terrestres;*
- 3.3- *Atmosferas dos planetas terrestres.*

4- Os Planetas Gigantes:

- 4.1- *Estrutura dos planetas gigantes;*
- 4.2- *Atmosferas dos planetas gigantes;*
- 4.3- *Os sistemas de satélites e anéis dos planetas gigantes.*

5- Os Pequenos Corpos do Sistema Solar**6- Os Planetas Extra-Solares :**

- 6.1- *Detecção de planetas extra-solares;*
- 6.2- *Propriedades dos sistemas planetários extra-solares.*

7- Noções de Astrobiologia**6.2.1.5. Syllabus:****1- The Solar System:**

- 1.1 *Inventory of the Solar System;*
- 1.2- *Properties of bodies in the Solar System;*
- 1.3- *the solar system study methods;*
- 1.4- *solar system formation models.*

2. Dynamics of the Solar System:

- 2.1 *two-body problem of Review;*
- 2.2 *The three-body problem, Lagrange points and resonance;*

3- The Terrestrial Planets:

- 3.1- *Internal structure of the terrestrial planets;*
- 3.2 *Surface Processes of the terrestrial planets;*
- 3.3- *atmospheres of the terrestrial planets.*

4- The Planets Giants:

- 4.1- *Structure of the giant planets;*
- 4.2- *atmospheres of the giant planets;*
- 4.3- *The satellites and rings of giant planets systems.*

5- The Small Bodies of the Solar System**6- The Extra-Solar Planets (Exoplanets):**

- 6.1- *detection of extrasolar planets;*
- 6.2- *properties of extrasolar planetary systems.*

7. Understanding of Astrobiology**6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

Os conteúdos programáticos cobrem um conjunto alargado de assuntos no domínio da disciplina, recorrendo a extensa literatura de referência.

Procura contextualizar o conhecimento numa área em que se tem vindo a assistir a uma rápida evolução, sobretudo nas técnicas de deteção de exoplanetas e no conhecimento com recurso a sondas espaciais.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

This syllabus addresses a wide range of topics in the area of the course, using extensive reference literature.

The knowledge is put in context in an area that has been witnessing a rapid evolution, especially in exoplanet detection techniques and planetary knowledge using space probes.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino será baseado na exposição de matéria, no sentido clássico, recorrendo em casos particulares ao método de aprendizagem centrada no aluno, resolução de problemas clássicos, discussão de problemas de investigação

da especialidade e na realização de trabalhos com orientação tutorial.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 60.0%, Projecto - 40.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching will be based on exposing the matters in the classic sense, using specifically cases as part of the learning method focused on the student, solving of classic problems, discussion of research problems will be carried out in the tutorials.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 60.0%, Project - 40.0%)

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

As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes às que são comumente usadas em unidades curriculares similares em escolas de referência.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The teaching methods provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, being similar to those commonly used in similar courses in reference schools.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Solar System Dynamics. C.D. Murray and S.F. Dermott (1999). Cambridge Univ. Press

Planetary Sciences. Imke de Pater and Jack J. Lissauer (2001). Cambridge Univ. Press

An Introduction to the Solar System. Eds. Neil McBride and Iain Gilmour (2003). Cambridge Univ. Press

Introduction to Planetary Science: the geological perspective. Gunter Faure and Teresa M. Mensing (2007). Springer.

An Introduction to Astrobiology. Eds Iain Gilmour and Mark A. Sephton (2003). Cambridge Univ. Press

Le système solaire. T. Encrenaz, J.-P. Bibring, M. Blanc, M. A. Barucci, F. Roques et Ph. Zarka (2003) EDP Sciences / CNRS Editions.

Mapa X - Computação Paralela / Parallel Computing

6.2.1.1. Unidade curricular:

Computação Paralela / Parallel Computing

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Pedro Almeida Vieira Alberto, T+PL=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Objetivos:

Conhecer a arquitetura de máquinas paralelas; saber distribuir, em problemas seleccionados, uma tarefa computacional por um conjunto de processos independentes; saber utilizar os paradigmas da programação paralela.

Competências:

Competência em análise e síntese;

Competência em resolução de problemas;

Uso da internet como meio de comunicação e fonte de informação;

Capacidade de decisão;

Competência em raciocínio crítico;

Competência em aprendizagem autónoma;

**Adaptabilidade a novas situações.
Competência em investigar.**

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Objectives:

Know the architecture of parallel machines;

Know how to distribute, in selected problems, a computational task to several (as much as possible) independent processes;

Understand when to use the different parallel programming paradigms.

Competences:

Develop analysis and synthesis abilities;

Problem solving;

Usage of internet as communication means and source of information;

Decision-making capability;

Critical reasoning;

Capacity for autonomous learning;

Adaptability to new situations;

Research ability

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Noções Básicas: Computação paralela e sua importância. Principais domínios de aplicação. Paradigmas de computação paralela: memória distribuída e partilhada. Algumas noções de supercomputador, principais arquiteturas e middleware associado. Tendências da sua evolução em hardware e software.

Paralelismo ao nível de software: OpenMP, MPI. A medição da eficiência de um algoritmo paralelo: speedup e eficiência de paralelização (Lei de Amdahl).

Programação em OpenMP. Modelo "fork and join". Loops paralelos, operações coletivas e barreiras. Variáveis privadas e partilhadas. Problemas de competição por dados partilhados ("data race").

MPI. Técnicas de Paralelização de Algoritmos: decomposição de dados e decomposição de domínio. Modelo master-slave para distribuição de dados. Tipos de comunicações em MPI. Operações coletivas - dados e cálculo. Comunicadores e topologias de comunicação. Definição de novas estruturas de dados. Aplicações a álgebra linear e resolução da equação de Poisson.

6.2.1.5. Syllabus:

Basic notions: parallel computing and its importance. Main application domains. Paradigms of parallel computing: shared and distributed memory. What is a supercomputer: main types of hardware architectures, components and middleware. Trends in supercomputing.

Parallelization in software: OpenMP, MPI. Measuring the efficiency of parallel algorithms: speedup and Amdahl's law.

OpenMP programming: fork and join model. Parallel zone. Parallel loops, collective operations and barriers. Private and shared variables. Data race problems.

MPI. Parallelization techniques: data decomposition and domain decomposition. Model master-slave for data distribution and collection. MPI communication types. Collective operations for data and computation. Communicators and communication topologies. Creation of derived data types. Applications to linear algebra problems and to the numerical solution of the Poisson equation.

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

O programa põe especial ênfase na aprendizagem e aplicação dos conceitos novos de programação paralela que, pela sua especificidade e diferenças em relação à programação sequencial, exigem uma componente prática muito intensa, com aplicações a casos concretos. Essa é a forma mais eficaz dos objetivos da unidade curricular serem atingidos.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus emphasizes the learning and application of the new concepts of parallel programming, which, because of their particular nature and differences regarding sequential programming, need an extensive practice. This is the most effective way of attaining the objectives of the curricular unit.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino eminentemente prático, com recurso extensivo a apresentações de slides com matéria teórica e prática, acesso à internet.

Faz-se uso de um terminal de linha de comando usando compiladores da GNU e a implementação mpich do MPI (Windows/Linux/MacOS) para os exercícios práticos, que consistem em elaboração de programas paralelos. Disponibiliza-se acesso remoto a um cluster de computadores para as avaliações práticas.

Avaliação:

- Avaliação (Projecto - 50.0%, Resolução de problemas - 50.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes are essentially hands-on practice sessions of parallel computing.

Teaching involves slide presentations of theoretical material, programming examples, and programming exercises . Internet access is used for obtaining relevant material.

The programming exercises are made using a command line terminal in Windows/Linux/MacOS, GNU compilers and the mpich implementation of MPI. Access to a remote computer cluster is given for the problem assignments for evaluation.

Evaluation:

- Assessment (Project - 50.0%, Resolution Problems - 50.0%)

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

O uso extenso do projetor de videos, quer para a apresentação de slides, quer para acesso a informação relevante na Web, quer, finalmente, para mostrar exemplos de programação e seus resultados apresentados em tempo real aos alunos, permitem a aprendizagem mais eficaz dos novos conceitos de programação e sua aplicação na resolução de problemas computacionais.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The extensive use of use of the video projector for slide presentations, for relevant Web information access, and for real-time coding and result presentation allow for a more effective learning of the new programming concepts and their application in solving computational problems.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

B. Chapman, G. Jost, R. van der Pas, Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming, MIT Press, 2007.

W. Gropp, E. Lusk, A. Skjellum, Using MPI Portable Parallel Programming with the Message Passing Interface, segunda edição, MIT Press, 1999.

P. Pacheco, Parallel Programming with MPI, Morgan Kaufmann Publishers, 1997.

<http://www.openmp.org>

<https://computing.llnl.gov/tutorials/mpi>

Mapa X - Dinâmica de Fluidos e Magnetohidrodinâmica / Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Dinâmica de Fluidos e Magnetohidrodinâmica / Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira, T+TP=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Compreensão dos conceitos básicos e das equações do escoamento de fluidos viscosos.

Compreensão do mecanismo de indução electromagnética que tem origem no movimento de fluidos bons

condutores eléctricos.

Capacidade para traduzir um problema de dinâmica de fluidos ou magnetohidrodinâmica numa forma matemática apropriada.

Capacidade para interpretar as soluções das equações estabelecidas em termos físicos.

Competências em análise e síntese; na aplicação de conhecimentos e resolução de problemas; raciocínio crítico e aprendizagem autónoma.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Understanding the basic concepts and the equations of flow of viscous fluids.

Understanding the electromagnetic induction mechanism which has its origin in the movement of fluids that are good electrical conductors.

Ability to translate a magnetic hydrodynamic problem in an appropriate mathematical form.

Ability to interpret the solutions of the equations established in physical terms.

Skills in analysis and synthesis; the application of knowledge and problem solving; critical thinking and independent learning.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Revisão de conceitos básicos de dinâmica de fluidos.

Soluções da equação de Navier-Stokes em diferentes geometrias; teoria das camadas limite.

Aproximação magnetohidrodinâmica e equação de indução.

Força de Lorentz na equação de Navier-Stokes; equilíbrio magnetohidrostático.

Soluções estacionárias; escoamento de Hartmann.

Linearização das equações do movimento; ondas de Alfvén, ondas de torsão.

Aplicações; mecanismo de dínamo, aplicações geofísicas e astrofísicas.

6.2.1.5. Syllabus:

Revision of basic concepts in fluid dynamics.

Solution of the Navier-Stokes equation in different geometries; limit layers theory.

Magnetohydrodynamics approximation and the induction equations.

Lorentz force in the Navier-Stokes equation; magneto-hydrostatic equilibrium.

Stationary solutions; Hartmann flow.

Linearisation of the motion equations: Alfvén waves and torsion waves.

Applications; dynamo mechanism; geophysical and astrophysical applications.

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

O conteúdo programático cobre os objetivos definidos, aborda os assuntos relevantes no domínio em apreço.

Estimula o aprofundar dos conteúdos desenvolvidos, assentes em literatura de referência e outra disponível de forma livre em repositórios na internet.

A resolução de problemas habilita o aluno a aplicar os conhecimentos e ferramentas aprendidos, sejam os conceitos físicos sejam as técnicas matemáticas necessárias.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The programme covers the defined objectives, and addresses the relevant topics in this domain. It stimulates further study of the contents, on the basis of the reference literature and those freely accessible on internet archives.

By solving problems the student has the opportunity to apply the knowledge and tools learned, both the physical concepts and the necessary mathematical techniques.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações apresentadas. Modelação dos sistemas com recurso a meios computacionais.

Avaliação:

- Avaliação 1 (Mini Testes - 70.0%, Trabalho de síntese - 30.0%)

- Avaliação 2 (Exame - 70.0%, Trabalho de síntese - 30.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Expository teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented.

Systems will be modelled using computational tools.

Evaluation:

- **Assessment 1 (Mini Tests - 70.0%, Synthesis work - 30.0%)**
- **Assessment 2 (Exam - 70.0%, Synthesis work - 30.0%)**

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

O curso trabalha os conceitos fundamentais para entender quer a Dinâmica de Fluidos, quer a Magnetohidrodinâmica. Nas aulas de orientação tutorial os alunos resolvem um grande número de problemas realistas, alguns dos quais numéricos, de forma a complementar a aprendizagem dos conceitos trabalhados nas aulas teóricas. O recurso à avaliação contínua complementa o trabalho realizado nas aulas.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The course focus on the fundamental concepts to understand Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics. In the tutorial classes students solve a large number of realistic problems, some of them numerical, to complement the concepts taught in the theoretical lectures. The use of continuous assessment complements the work done in class.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

L D Landau, E M Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon Press, 1987 ISBN: 0750627670

P K Kundu, I M Cohen, Fluid Mechanics, Academic Press, 2012, ISBN: 0123821002

G K Batchelor, An Introduction to Fluid Mechanics, Cambridge University Press 2000, ISBN: 0521663962

L D Landau, E M Lifshitz, Electrodynamics of Continuous Media, Pergamon Press 1984, ISBN: 0750626348

P A Davidson, An Introduction to Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press, 2001 ISBN: 0521794870

D D Schnack, Lectures in Magnetohydrodynamics: with an appendix on extended MHD, Springer 2009, ISBN: 3642006876

J. P. Freidberg, Ideal MHD, Cambridge University Press 2014, ISBN: 9781107006256

Mapa X - Dissertação/Estágio / Dissertation/Internship

6.2.1.1. Unidade curricular:

Dissertação/Estágio / Dissertation/Internship

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

José Lopes Pinto da Cunha - O = 598.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

Cada dissertação é orientada por (pelo menos) um docente da FCTUC, especialista no assunto que é objeto da dissertação.

em 2015-2016:

Rui Miguel Curado da Silva - O = 598.00

Joaquim Marques Ferreira dos Santos - O = 598.00

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

Desenvolver:

- a) capacidade de organização, planeamento e decisão*
- b) capacidade de realizar investigação científica ou de índole tecnológica*
- c) capacidade de aplicar e interligar conhecimentos*
- d) capacidade criativa e crítica*
- c) capacidade de articular o pensamento, de o apresentar e de argumentar uma tese.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Develop:

- a) organizational, planning and decision skills*
- b) ability to carry out scientific or technological research*

- c) *capacity to implement and interconnect knowledge*
- d) *creative and critical ability*
- c) *ability to articulate the thought, bring it out and argue a thesis.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Depende em geral do tema, na área da Astrofísica, que seja escolhido para objecto da Dissertação/Estágio. Há porém a preocupação de que seja um tema adequado ao Mestrado, na área da astrofísica e da instrumentação para o espaço, com novidade académica ou tecnológica e nível de profundidade consentâneo com a elaboração de uma tese.

6.2.1.5. Syllabus:

In general it depends on the topic, in the field of astrophysics, which is chosen for the Dissertation/Internship, but is carefully chosen so that it is a subject suitable for the master's course, normally about recent issues with interest to the field of astrophysics and instrumentation for the space.

It ought to have academic or technological novelty and a level of depth in line with the preparation of a thesis.

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

O trabalho de Dissertação/Estágio é desenvolvido autonomamente pelo aluno com supervisão de um orientador especificamente nomeado, que será um professor, que se encarrega de assegurar a coerência com os objectivos do programa de trabalhos e a pertinência de cada fase para o fim em vista.

Nos casos em que a Dissertação envolva um Estágio numa empresa ou numa organização externa à Universidade, o aluno terá também um orientador designado por essa entidade, que supervisionará os trabalhos que o aluno vier a desenvolver, em coordenação com o orientador designado pela Universidade de Coimbra.

A coerência será em última instância objecto de análise pelo júri da Dissertação de Mestrado.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The work of Dissertation / Internship is developed independently by the student under the supervision of a specifically appointed supervisor, who will be a teacher who is responsible for ensuring consistency with the objectives of the work programme and the relevance of each stage in view of its goal.

In cases where the Dissertation involves an internship in a company or an external organization to the University, the student will also have a mentor assigned by that entity, which will oversee the work that the student were to develop, in coordination with the supervisor appointed by the University of Coimbra .

Coherence will ultimately be examined by the Master's dissertation jury.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho de avaliação continuada: o aluno estará em contacto regular com o seu orientador. Outros requisitos poderão ser definidos pelo orientador em questão, dependendo do tipo, da fase e da dificuldade dos trabalhos.

Admite-se que o aluno possa realizar uma Dissertação ou um Estágio. Em particular o estágio poderá ser a oportunidade do aluno ter contacto com empresas nacionais ou internacionais no domínio do Espaço ou inclusivamente desenvolver o seu trabalho em organizações internacionais como a ESA ou o ESO.

Avaliação:

- Avaliação (Trabalho de investigação - 100.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Continued evaluation work: the student will be in regular contact with your advisor. Other requirements may be set up by the supervisor, depending on the type, stage and difficulty of the work.

It is assumed that the student can perform a thesis or internship. In particular, the stage may be the opportunity for students to have contact with technological companies, either national or International, in the field of space or even to develop their work in international organizations such as ESA and ESO.

Evaluation:

- Assessment (Research work - 100.0%)

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

A tese é preparada pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os

objectivos do programa.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The thesis is prepared by the student accompanied by a supervisor who is responsible for ensuring consistency with the objectives of the programme.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Artigos científicos e técnicos.

Outras teses e trabalhos publicados, adequados ao assunto em desenvolvimento.

Scientific and technical papers.

Other theses and published works, appropriate to the underlying subjects.

Mapa X - Electromagnetismo II / Electromagnetism II

6.2.1.1. Unidade curricular:

Electromagnetismo II / Electromagnetism II

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Paulo Manuel Antunes Mendes Gordo, T+TP=75

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Conhecimento aprofundado da teoria do campo eletromagnético, incluindo propriedades de materiais dielétricos e magnéticos, propagação de ondas eletromagnéticas, formulação relativista do eletromagnetismo, potenciais retardados e radiação.

Domínio de técnicas avançadas para resolução de problemas de Eletromagnetismo, incluindo métodos numéricos relevantes.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Advanced knowledge of the theory of the electromagnetic field, including properties of dielectric and magnetic materials, propagation of electromagnetic waves, relativistic formulation of the electromagnetism, retarded potentials and radiation.

Mastery of advanced techniques for solving problems of Electromagnetism, including the relevant numerical methods.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1.Eletrostática. Expansão multipolar. Dipolo e quadrupolos. Energia.

2.Dielétricos. Polarizabilidade. Leis de Clausius-Mossotti e Langevin.

3.Eqs de Laplace e Poisson. Método das imagens. Solução da eq de Laplace (coordenadas cartesianas, cilíndricas e esféricas). Métodos numéricos para eq. de Laplace.

4.Energia magnética. Multipolos magnéticos. Campo e potencial vetor dipolar.

5.Para, dia, e ferromagnetismo. Histerese.

6.Eletrodinâmica: teorema de Poynting.

7.Propagação de ondas EM em meios materiais e condutores. Ondas guiadas.

8.Relatividade e eletromagnetismo. Tensor eletromagnético. Forma covariante das eqs Maxwell e de continuidade. Transformações de Lorentz para o campo EM. Expressão covariante da força de Lorentz. Eqs covariantes para os potenciais escalar e vetor. Transformações de padrão.

9.Potenciais retardados. Potenciais de Liénart-Wiechert. Campo EM de cargas aceleradas. Potência radiada.

Radiação dipolar elétrica e magnética.

6.2.1.5. Syllabus:

1.Electrostatics. Multipolar expansion. Dipole and quadrupole. Energy.

2.Dielectrics. Polarizability. Clausius-Mossotti and Langevin laws.

3.Laplace and Poisson eqs. Image method. Solution of Laplace eq (Cartesian, cylindrical and spherical coordinates). Numerical methods for Laplace eq.

4.Magnetic energy. Magnetic multipoles. Dipolar field and vector potential.

5.Paramagnetism, diamagnetism and ferromagnetism. Hysteresis.

6. Electrodynamics: Vector and Poynting's theorem.

7. EM wave propagation in materials and conductive media. Guided waves.

8. Relativity and electromagnetism. Electromagnetic tensor. Covariant form of Maxwell eqs and continuity. Lorentz transformations for the EM field. Covariant expression of the Lorentz force. Covariant eqs for scalar and vector potentials. Gauge transformations.

9. Retarded potentials. Lienart-Wiechert potentials. EM field due to accelerated charges. Radiated power. Dipole electric and magnetic radiation.

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

Os conteúdos estão em linha com a generalidade das disciplinas de Eletromagnetismo avançado e propagação do campo eletromagnético de cursos de ciências e tecnologias das universidades nacionais e estrangeiras de referência.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The contents are in line with most of the disciplines of advanced Electromagnetism and electromagnetic field propagation in scientific and technological courses in other Portuguese universities as well as in reputable foreign universities.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição mais possa interessar aos alunos. Será enfatizada a referência a situações do dia a dia que podem ser explicadas recorrendo aos conceitos que se aprendem na disciplina. Procurar-se-á desta forma ilustrar a utilidade e a importância do eletromagnetismo como disciplina estruturante em cursos de ciências e de tecnologias.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 100.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Conventional lectures with constant references to physical systems whose description might grab the attention of the students. We emphasize everyday situations that can be explained using the physical concepts included in the syllabus. In this way we try to illustrate the usefulness and the importance of the electromagnetism as a structural discipline in scientific and technological courses.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 100.0%)

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

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

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

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

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bibliografia principal / Principal bibliography:

- Brito, L., Fiolhais, M., Providência C., *Campo Electromagnético*, McGraw-Hill, Lisboa, 1999.
- Griffiths, D., *Introduction to Electrodynamics - 3rd Edition* – Prentice-Hall, New Jersey, 1999.

Bibliografia complementar / Complementar bibliography:

- Feynman, R., Leighton R. e Sands, M., *Lectures on Physics volume II*, Addison-Wesley, 1963.
- Jackson, J. D., *Classical Electrodynamics*, John Wiley and Sons, New York, 1975.
- Lorrain, P. Corson, D. E Lorrain, F., *Electromagnetic Fields and Waves (3rd edition)* Freeman and Company, New York, 1988.
- Wangsness, R. K., *Electromagnetic Fields (2nd edition)*, John Wiley and Sons, New York, 1979.

Mapa X - Elementos de Astronomia / Astronomy Elements

6.2.1.1. Unidade curricular:

Elementos de Astronomia / Astronomy Elements

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***João Manuel de Moraes Barros Fernandes - TP+TC+OT = 80.00*****6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:***n/a***6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****A disciplina tem como objetivo principal fornecer os fundamentos da Astronomia de Posição. Com isto espera-se que o aluno adquira a capacidade de reconhecer os diferentes objetos celestes visíveis a olho nu e sua utilização para o posicionamento. O aluno terá a capacidade de calcular a posição observada (a uma dada hora e local) tendo como base a posição aparente catalogada.*****6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:*****The course aims to provide the fundamentals of Spherical Astronomy. It is expected that the student be able to recognize the different celestial objects visible to the naked eye and its use for positioning. The student will be able to calculate the celestial position of a given object (at a given time and place) based on a catalogue of apparent positions.*****6.2.1.5. Conteúdos programáticos:*****Introdução à História da Astronomia.******Reconhecimento dos objectos celestes a olho nú.******Breve introdução ao movimento anual da Terra.******Trigonometria esférica Sistemas de referência.******Movimento diurno da Terra: rotação em torno de um eixo; breve referência à precessão e nutação; movimento dos pólos; efeitos sobre as observações (paralaxe e aberração diurnas).******Movimento diurno das estrelas.******Escalas de Tempo: solar e solar médio; sideral e sideral médio; universal; calendários e data Juliana. Posições observadas, aparentes e médias.******Transformações entre coordenadas observadas e aparentes.******Determinação do azimuth, latitude, longitude and tempo universal por observação astronómica.*****6.2.1.5. Syllabus:*****The historical perspective of the Astronomy.******Recognition of celestial objects with the naked eye.******Brief introduction to the annual motion of the Earth.******Spherical trigonometry reference systems.******Diurnal movement of the Earth: rotation about an axis; brief reference to precession and nutation; movement of the poles; effects on the observations (parallax and diurnal aberration).******Daytime movement of stars.******Time scales: solar and mean solar; sidereal and mean sidereal; universal; calendars and Julian date. Positions observed, apparent and mean.******Transformations between observed coordinates and apparent.******Determination of the azimuth, latitude, longitude and universal time based on astronomical observations.*****6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.*****Sendo que o objectivo principal da disciplina visa a determinação das posições observadas de um astro e a determinação do azimuth, da latitude, da longitude e do tempo universal por observação astronómica os temas são apresentados na sequência que visa cumprir esse desiderato: coordenadas geográficas; coordenadas celestes e transformação entre diferentes sistemas; escalas de tempo; correções às observações (nomeadamente a refração).*****6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.*****Taking into account that the aim of this course is the determination of apparent position of stars and the determination of the azimuth, the latitude, the longitude and the universal time based on astronomical observations, the different items are presented sequentially in order to accomplish this task: geographical coordinates; celestial coordinates; time scales; corrections to the observations.*****6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):*****Os métodos de ensino da disciplina assentam em três componentes: aulas de exposição de matéria resolução de exercícios em sala de aula realização de observações astronómicas.***

Avaliação:

- **Avaliação (Frequência - 60.0%, Trabalho de síntese - 40.0%)**

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching methods comprise three components: theory classes and problem solving classes, plus sessions to carry out astronomical observations.

Evaluation:

- **Assessment (Frequency - 60.0%, Synthesis work - 40.0%)**

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

As três componentes preferidas em cima são fundamentais para a correcta consolidação da matéria. A componente observacional é particularmente importante por forma a dar sentido aos conceitos teóricos, sem a qual ficaram áridos e de difícil percepção.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The three components presented above are fundamental to allow the student to have a good understanding of the course. The observational component is particularly important in order to allow a better understand of the theoretical concepts. Without this component the correct perception by the students of the course could be strongly affected.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Cruz e Caderot, Problemas resueltos de Astronomia, 2000

Fernandes, Texto de apoio à disciplina de Elementos de Astronomia, 2013

Green, Spherical Astronomy, 1985

Freedman & Kaufmann, Universe, 2005

Stellarium (software - <http://www.stellarium.org/pt>)

Mapa X - Física das Altas Energias / High Energy Physics**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Física das Altas Energias / High Energy Physics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Filipe Manuel Almeida Veloso - T + TP = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

- *O aluno deve ficar a conhecer as leis de simetria dos processos elementares e as propriedades das interações fundamentais.*
- *Deve conhecer as características principais do Modelo Padrão. Saber que observações experimentais o suportam e que limitações ainda apresenta.*
- *Conhecer o conceito de secção eficaz e a sua importância. Saber como se calculam secções eficazes em 1ª ordem utilizando as regras de Feynman.*
- *Obter conhecimentos sobre as experiências mais importantes da Física de Altas Energias (FAE), dos seus propósitos e dos resultados por elas obtidos.*
- *Ter conhecimentos sobre o funcionamento dos vários tipos de aceleradores de partículas.*
- *Adquirir competências em análise e resolução de problemas com recurso a raciocínio crítico.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *The student should learn the symmetry laws of elementary processes and the properties of the fundamental interactions.*
- *Should know the main features of the Standard Model of Particle Physics, the experimental observations that support it and its limitations.*
- *Understand the concept of cross-section and its importance. Learn how to compute cross-sections at leading order using Feynman rules.*
- *Know the most important experiences of High Energy Physics (HEP), theirs purposes and main results obtained.*
- *knowledge about the different types of particle accelerators.*

- *Acquire skills in analyzing and solving problems.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Sistemática das partículas elementares, interações fundamentais e bosões correspondentes. Espectro das partículas sub-atômicas e sua classificação.

Simetrias P, C e T.

Equações de Klein-Gordon e de Dirac. Soluções de partícula livre. Limite de massa nula e helicidade. Neutrinos e a estrutura V-A da teoria fraca.

Funções de Green e propagadores de fermiões e de bosões. Potencial de Yukawa de um campo de bosões. Propagadores.

Diagramas de Feynman.

Secções eficazes. Cálculo de secções eficazes diferenciais para e^+e^- . Dispersão de Moller, Bhabha e Compton.

Diagramas de ordem superior. Renormalização.

Dispersão de Mott. Factor de forma do próton. Funções de estrutura. Quarks e gluões.

Noções de cromodinâmica quântica. Constante de acoplamento. Confinamento dos quarks e liberdade assintótica. Mesões e bariões.

Teoria electrofraca. Modelo Padrão. Correntes neutras e carregadas. Bosões W^\pm e Z^0 .

Violação de CP e T. Teorema de CPT.

Análise e simulação em FAE.

6.2.1.5. Syllabus:

Systematic of elementary particles, fundamental interactions and corresponding bosons. Spectra of subatomic particles and their classification. P, C and T symmetries.

Klein-Gordon and Dirac equations. Free particles solutions. Limit of null mass and helicity. Neutrinos and V-A structure of weak theory.

Green functions and propagators of fermions and bosons. Yukawa potential in a field of bosons. Propagators. Feynman diagrams.

Cross sections. Calculation of the differential cross section for e^+e^- processes.

Moller, Bhabha and Compton scatterings.

Higher order diagrams. Renormalisation. Mott scattering. Proton form factor. Structure functions. Quarks and gluons.

Notions of Quantum Chromodynamics. Coupling constant. Confinement and asymptotic freedom of quarks.

Mesons and baryons.

Electroweak theory. Standard model. Neutral and charged currents. W^\pm and Z^0 bosons.

CP and T violations. CPT theorem.

Analysis and simulation in FAE.

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

Os conteúdos da cadeira estão em linha com a generalidade das disciplinas de Física das Altas Energias / Física de Partículas e com as referências bibliográficas principais.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The contents are in line with most of the courses of High Energy Physics / Particles Physics and with the main bibliographic references.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Aulas teóricas maioritariamente com recurso ao quadro negro, mas também a apresentações e animações computacionais, com exposição dos conceitos e teorias fundamentais e discussão de aplicações práticas desses conceitos.*

- *Aulas práticas para resolução de problemas de aplicação das matérias leccionadas e estudo de casos típicos.*

- *Desenvolvimento de projectos com âmbito mais abrangente e maior profundidade do que os problemas exemplificativos.*

Avaliação:

- *Avaliação (Resolução de problemas - 50.0%, Trabalho de síntese - 50.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- *Lectures using mainly the blackboard, but also with presentations and computer animations, with exposure of concepts and fundamental theories, and discussion of practical applications of these concepts.*

- *Problem solving classes with typical examples of the subjects under study;*

- *Development of projects with broader scope and greater depth than the typical examples and problems.*

Evaluation:

- *Assessment (Resolution Problems - 50.0%, Synthesis work - 50.0%)*

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

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

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

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

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, 2nd ed., Wiley-VCH, 2008, ISBN: 3527406018*
- *F. Halzen e A. Martin, Quarks and Leptons, John Wiley, 1984, ISBN: 0471887412*
- *D. Perkins, Introduction to High Energy Physics, 2nd ed., Addison-Wesley, 1992, 0521621968*
- *G. Kane, Modern Elementary Particle Physics, Addison-Wesley, 1993, 0201624605*
- *B. Povh, K. Rith, C. Scholtz e F. Zetzsche, Particles and Nuclei, Springer, 1995.*
- *W. Greiner e B. Muller, Gauge Theory of Electroweak Interactions, Springer, 1996.*
- *W. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: a how to approach, Springer, 1987, ISBN: 9783642579202*
- *PDG, The Review of Particle Physics, (edição bienal), versão online <http://pdg.lbl.gov>*

Mapa X - Física e Tecnologia do Vácuo / Vacuum Physics and Technology

6.2.1.1. Unidade curricular:

Física e Tecnologia do Vácuo / Vacuum Physics and Technology

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Sergio José Coelho do Carmo, T+TP+PL=50

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

6.2.1.4. 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 efectuar 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 selecção dos diferentes equipamentos de vácuo e na identificação das limitações que podem ser encontradas em cada sistema.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

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.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Parte I – PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA E TECNOLOGIA DO VÁCUO E DA CRIOGENIA.

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

Parte II – PRODUÇÃO E MEDIÇÃO DE VÁCUO E CRIOGENIA

- 5. Produção de vácuo.*
- 6. Medição de vácuo.*
- 7. Detecção de fugas.*
- 8. Analisadores 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. *Manutenção de um sistema de alto-vácuo.*
13. *Trabalhos práticos com apresentação de relatório.*

6.2.1.5. Syllabus:

Part I - FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF PHYSICS AND TECHNOLOGY OF THE VACUUM AND CRYOGENICS.

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

Part II - PRODUCTION AND MEASUREMENT OF VACUUM AND CRYOGENICS.

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.

1. *Production of vacuum.*
2. *Vacuum measurement.*
3. *Maintenance of a high-vacuum system.*
4. *Practical work with presentation of report.*

6.2.1.6. 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.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino teórico é expositivo, recorrendo-se à escrita no quadro dos diagramas ou desenhos e das sequências do formalismo matemático em questão; apresentação de exemplos teórico-práticos para objetividade e aprendizagem por parte dos alunos.

As aulas práticas de pendor demonstrativo servem para o contacto com a operação de diferentes sistemas de vácuo. No início dos trabalhos práticos terá sempre lugar uma pequena discussão sobre os objetivos do trabalho, o procedimento a seguir para atingir esses objetivos e os resultados esperados.

Avaliação:

- Avaliação (Frequência - 60.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The fundamentals behind the diagrams and drawings are discussed in lectures. 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.

Evaluation:

- Assessment (Frequency - 60.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%)

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

As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades

relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.

6.2.1.9. 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 X - Física Quântica / Quantum Physics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Física Quântica / Quantum Physics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Maria Helena Almeida Vieira Alberto, T+TP=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

Vitali Iourievitch Tchepel PL=30

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

1. Adquirir conceitos básicos da Mecânica Quântica e sabê-los aplicar a situações físicas específicas. Adquirir conhecimentos básicos de Física Atômica e de Física dos Sólidos. Integração dos conhecimentos adquiridos nestas três áreas numa descrição quântica da matéria.

2. Capacidade para procurar e utilizar bibliografia, organizando um conjunto consistente de informações relativas às áreas referidas.

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

4. Capacidade para implementar e interpretar experiências simples relacionadas com o conteúdo da disciplina.

Competência em análise e síntese;

. Competência em comunicação oral e escrita;

. Competência em gestão da informação;

. Competência para resolver problemas;

. Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;

. Competência em trabalho em grupo;

. Competência em raciocínio crítico;

. Competência em entender a linguagem de outros especialistas;

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Acquire basic concepts of quantum mechanics and ability to apply them to specific physical situations . Acquire basic knowledge of Atomic Physics and Physics of Solids . Integration of knowledge acquired in these three areas in a quantum description of matter .

Ability to search and use literature , organizing a consistent set of information relating to the referred subjects .

Ability to solve problems , including the development of relevant mathematical skills.

Ability to implement and interpret simple experiments related to the subject content .

Competence in analysis and synthesis;

. Competence in oral and written communication ;

- . *Competence in information management ;*
- . *Competence to solve problems ;*
- . *Competence in applying theoretical knowledge to practice ;*
- . *Competence in group work ;*
- . *Competence in critical thinking ;*
- . *Competence to understand the language of other experts ;*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. *Quantificação da luz e da energia. Modelo de Bohr do átomo. Propriedades ondulatórias das partículas.*
2. *Equação de Schrodinger. Operadores, valores próprios, funções próprias. Interpretação física. Função de onda, densidade de probabilidade e valores espectáveis. Aplicações a problemas unidimensionais: o poço de potencial e o oscilador harmónico.*
3. *O átomo de hidrogénio: resolução da equação de Schrödinger, valores próprios, números quânticos, funções próprias, densidades de probabilidade, momento angular orbital.*
4. *Momento angular. Experiência de Stern-Gerlach, spin, adição de momento angular.*
5. *Átomos multieletrónicos. Aproximação do campo central. Teoria de Hartree. Acoplamento L-S. Excitações ópticas. Taxas de transição e regras de selecção.*
6. *Introdução à física dos sólidos: Condutores e semi-condutores. Teoria das bandas. Propriedades magnéticas dos sólidos. Supercondutividade.*

6.2.1.5. Syllabus:

1. *Quantification of light and energy. Bohr model of the atom. Wavelike properties of particles.*
2. *Schrodinger equation. Operators, eigenvalues<200b><200b>, eigenfunctions. Physical interpretation. Wave function, probability density <200b><200b>and average values. Applications to one-dimensional problems: the potential well and the harmonic oscillator.*
3. *The hydrogen atom: solving the equation Schrodinger, eigenvalues<200b><200b>, quantum numbers, the eigenfunctions, probability densities, orbital angular momentum.*
4. *Angular momentum. Stern-Gerlach experiment, spin, addition of angular momentum.*
5. *Multielectronic Atoms. Central field approximation. Hartree theory. L-S coupling. Optical excitations. Transition rates and selection rules.*
6. *Introduction to solid physics: conductors and semiconductors. Band theory. Magnetic properties of solids. Superconductivity.*

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

Os pontos 1 a 5 do programa servem os pontos 1, 2 e 3 dos objetivos

As aulas PL versam sobre os ponto 1 do programa e servem o ponto 4 dos objetivos.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Items 1-5 of the program are coherent with items 1, 2 and 3 of the curricular unit's objectives

Laboratory classes are about the item 1 of the program and coherent with items 4 of the curricular unit's objectives.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

1. *Aulas teóricas com exposição dos conceitos e exemplos de aplicação, recorrendo a meios tradicionais (quadro) e meios audiovisuais;*
2. *aulas teórico-práticas de resolução de problemas ;*
3. *aulas práticas com a realização de trabalhos experimentais.*

A avaliação durante o semestre tem uma componente laboratorial (4 valores) e uma componente de frequência (duas frequências, valendo 8 valores cada). A componente de frequência pode ser substituída por exame (vale 16 valores).

Avaliação:

- Avaliação (Frequência - 80.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 20.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- 1-*Theoretical classes with explanation of of concepts and application examples, using both black board and slides*
 - 2- *classes devoted to problem-solving, 3-practical classes with experimental work.*
- The evaluation during the semester has a laboratory component (4 values) and a test component (two tests, 8 points each). The test component can be replaced by final exam (16 points).*

Evaluation:

- **Assessment (Frequency - 80.0%, Laboratory work or Field work - 20.0%)**

6.2.1.8. 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, desenvolvendo, para além de competências técnicas específicas, competências genéricas de natureza instrumental, pessoal e sistémicas.

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

Nas aulas laboratoriais, com a realização de experiências simples procura-se familiarizar os alunos com a implementação prática de alguns conceitos lecionados. O tratamento, a interpretação dos resultados e a escrita dos relatórios contribuem para criar competências em aprendizagem autónoma e em comunicação escrita.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The teaching strategy and methods adopted aim at engaging the student in the learning process and his personal development, and lead to the development of some generic competencies of instrumental, personal and systemic nature.

With the knowledge and comprehension of the matters taught in the theoretical classes and the exercises with practical applications given in 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 are carried out to familiarize students with the practical implementation of some concepts and the techniques used in data analysis. The treatment and interpretation of the results and the writing up of test reports build up in the students competencies in autonomous learning and written communication.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Apontamentos de Física Quântica, Helena Vieira Alberto, 2013

Modern Physics, Krane, editora John Wiley and Sons, Inc., 2nd Ed. 1996

Apontamentos de Fundamentos de Física Moderna (cap. 2) Pedro Vieira Alberto, 1995.

Quantum Physics, R. Eisberg and R. Resnick, John Wiley Sons, 2nd Ed. 1974.

Introduction to Quantum Mechanics, D.J. Griffiths, Prentice Hall, 1995

Mapa X - Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados / Instrumentation and Data Acquisition Systems

6.2.1.1. Unidade curricular:

Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados / Instrumentation and Data Acquisition Systems

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

João Manuel Rendeiro Cardoso - TP+PL =30.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

Jorge Afonso Cardoso Landeck - TP+PL = 30.00

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

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

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *To understand the global architecture of data acquisition systems*
- *To identify and characterize the different tasks and functions of a data acquisition system*

- *To identify the physical and technical limitations of data acquisition systems and the associated instrumentation*
- *Ability to use and specify data acquisition systems*
- *Knowledge of basic and intermediate concepts of sensor elements and data communication networks*
- *Use data analysis tools for data processing (Matlab) in the scope of data acquisition systems.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. *Sistemas de aquisição de dados*

Arquitetura genérica

Caracterização e avaliação de desempenho

Exemplos

2. *Transdutores*

Definições, características e terminologia

Principais tipos de sensores

Calibração e compensação

3. *Condicionamento e multiplexagem*

Pontes de medida

Amplificação

Amplificadores operacionais

Amplificadores de instrumentação e de isolamento

4. *Ruído*

Ruído intrínseco (fundamental): térmico, quântico e 1/f

Modos de acoplamento de ruído extrínseco

Medidas de ruído

Métodos de eliminação de ruído: blindagem contra acoplamentos capacitivos e indutivos

Anéis de terra

5. *Conversão Analógico-Digital*

Amostragem periódica de sinais

Teorema da amostragem de Nyquist

Erros de quantificação

Erros de não linearidade diferencial

Relação sinal-ruído

Auto-correlação e correlação cruzada

Principais tipos de conversores

6. *Análise e filtragem*

Propriedades dos sinais analógicos e digitais

Análise do espectro de frequência

Sistemas lineares

Convolução

Análise do espectro

6.2.1.5. Syllabus:

1. *Data Acquisition Systems*

Generic Architecture

Characterization and Performance Evaluation

Examples

2. *Transducers*

Definitions, characteristics and terminology

Main types of sensors

Calibration and compensation

3. *Signal Conditioning and Multiplexing*

Measurement Bridges

Amplification

Operational Amplifiers

Instrumentation amplifiers and galvanic insulation

Input protection

Signal Sampling

4. *Noise*

Intrinsic noise (fundamental): thermal and quantum 1 / f

Modes of extrinsic noise coupling

Noise measurements
Methods for noise elimination
Grounding loops

5 . Analog-to- Digital Conversion
Periodic sampling of signals
Nyquist sampling theorem
Quantisation errors
Differential non-linearity errors
Signal to Noise Ratio
Auto-correlation and cross-correlation
Main types of ADCs

6. Analysis and filtering
Properties of analog and digital signals
Analysis of the frequency spectrum
Linear systems
Convolution
Spectral analysis

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

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

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Apresentação dos diferentes conteúdos lectivos ilustrados com aulas laboratoriais, resolução de exercicios teorico-praticos e trabalhos de programação em Matlab.*
- *Os alunos serão incentivados a trabalhar autonomamente e em grupo.*

Avaliação:

- *Avaliação (Frequência - 60.0%, Resolução de problemas - 20.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 20.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- *Presentation of the syllabus with support of laboratorial classes, problem solving and programming examples and challenges.*
- *Students are encouraged to work alone and in groups*

Evaluation:

- *Assessment (Frequency - 60.0%, Laboratory work or Field work - 20.0%, Resolution Problems - 20.0%)*

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

Pretende-se estimular os espirito critico dos alunos através da apresentação dos fundamentos teóricos subjacentes a cada um dos itens do programa, assim como pelo resolução de exercicios e pela realização de trabalhos práticos de laboratório

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

It is intended to stimulate students' critical spirit by presenting the theoretical basis underlying each of the items of the syllabus, as well as the solving of exercises and the practical work on the laboratory.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Apresentações e apontamentos (v2.1) disponibilizados aos alunos*

Alguns livros de referência

- *Data Acquisition Fundamentals, National Instruments, 2002.*
- *Edward E. Lee, Pravin Varaiya, Structure and Interpretation of Signals and Systems, Addison Wesley, 2003.*
- *John G. Webster, ed., Medical Instrumentation: Application and Design, 3/e, John Wiley & Sons, 1997.*
- *John Bentley, Principles of Measurement, Prentice Hall, 2004.*
- *Gilbert Held, Understanding Data Communication, 7/e, Addison Wesley, 2002.*
- *Eva Pärt-Enander, Anders Sjöberg, Matlab 5 Handbook, Addison Wesley Longman, 1999*

Mapa X - Instrumentação para Física da Radiação / Instrumentation for Radiation Physics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Instrumentação para Física da Radiação / Instrumentation for Radiation Physics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Joaquim Marques Ferreira dos Santos, T+PL=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Objetivos:

Compreensão teórica dos fenómenos físicos envolvidos nos detectores de radiação.

Conhecimento dos vários tipos de detectores, dos seus modos de funcionamento, vantagens comparativas e limitações.

Conhecimento das principais aplicações dos detectores em física experimental e noutras áreas, como a medicina.

Capacidade de aprendizagem autónoma:

Capacidade de utilização de conhecimentos prévios (electrónica, física nuclear) em novas situações.

Capacidade para resolver problemas e aplicar os conhecimentos na prática.

Capacidade para procurar e utilizar bibliografia.

Em particular, trata-se aqui de tornar os estudantes capazes de:

- *Compreender os processos físicos subjacentes à espectrometria e à dosimetria;*
- *Participar no desenvolvimento ou na aplicação de detectores de radiação;*
- *Analisar criticamente os novos avanços nas tecnologias de detecção de radiação.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Theoretical understanding of physical phenomena involved in the detection of radiation.

Knowledge of the various types of detectors, their working modes and comparative advantages and limitations.

Knowledge of the main uses of radiation detectors in experimental physics and other areas, such as medicine.

Ability to study with autonomy.

Capacity to apply previous knowledge (electronics, nuclear physics) in new situations.

Ability to solve problems and apply knowledge in practice. Ability to search for and use references.

In particular, students should learn how to:

- *Understand the physical processes underlying spectrometry and dosimetry;*
- *Participate in the development or implementation of radiation detectors;*
- *Critically analyze the new advances in radiation detection technologies.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1-Interacção da radiação com a matéria; dosimetria.

2-Formação de sinal nos detectores: teoremas relevantes; tratamento electrónico desses sinais - formatação, electrónica de front-end e digitalização.

3-Detectores de luz: fotomultiplicadores e fotodíodos.

4-A detecção de radiação não ionizante: exemplo da Ressonância Magnética Nuclear - princípio de funcionamento (equações de Bloch) e aplicações (espectroscopia e imagiologia).

5-Detectores de radiação ionizante - princípios de funcionamento, características e aplicações:

- *detectores gasosos (câmara de ionização, contador proporcional e MWPC, detectores de microestrutura; novos desenhos; detectores usando cintilação primária e secundária);*
- *cintiladores (orgânicos e inorgânicos; novos cristais cintiladores);*

- *detectores de semiconductor (do diodo às matrizes; CCDs; APDs).*

6-Detectores de neutrões.

7-Integração dos detectores de radiação em sistemas utilizados em:

- *Física de Partículas*
- *Imagiologia médica.*

6.2.1.5. Syllabus:

1-Interaction of radiation with matter; dosimetry.

2-The build-up of signals in radiation detectors: relevant theorems; electronic treatment of these signals: shaping, front-end electronics and digitalisation.

3-Light detectors; photomultipliers and photodiodes.

4-Detection of non-ionising radiation: NMR as an example - principles (Bloch equations) and applications (spectroscopy and imaging).

5-Detectors of ionising radiation - principles, characteristics and applications:

• *gas detectors (ionisation chamber; proportional counter and MWPC, microstructure detectors; new designs: detectors using primary and secondary radiation;*

• *scintillators (organic and inorganic; new scintillation crystals);*

• *semiconductor detectors (from diode to matrices; CCDs, APDs).*

6-Neutron detectors.

7-Integration of radiation detectors in systems used in:

- *Particle Physics*
- *Medical Imaging*

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

O programa dá uma visão global e atualizada da instrumentação utilizada em física da radiação, com aplicações em física experimental mas também noutras áreas como a medicina, cumprindo assim os objetivos principais da unidade curricular. No trabalho laboratorial os estudantes desenvolverão os outros objetivos.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Duas aulas teóricas expositivas por semana. Aulas laboratoriais com duas horas presenciais e autonomia de horários. Os trabalhos laboratoriais abordam processos físicos (física atómica, nuclear, radiação cósmica e física médica) com diversos tipos de detectores.- Trabalho experimental, envolvendo preparação e execução das medidas, análise dos dados recolhidos, apresentação dos resultados e conclusões; - Trabalho de síntese: estudo dum sistema de detecção para Física de Partículas ou para Medicina, a realizar por aluno sob orientação do professor; envolve aspectos quantitativos.

Avaliação:

- *Avaliação 1 (Frequência - 30.0%, Trabalho de síntese - 30.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)*

- *Avaliação 2 (Exame - 30.0%, Trabalho de síntese - 30.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Two Lectures per week. Laboratory classes with two hours of classroom. The experimental works address the physical measurements (atomic physics, nuclear, cosmic radiation and medical physics) using several types of detectors. Rating based on: - Experimental work involving the preparation and implementation of measures, analysis of data collected and presentation of results and conclusions; - Job summary: study of a detection system for Particle Physics or Medicine to be held by each student under the guidance of the teacher, involving quantitative aspects.

Evaluation:

- *Assessment 1 (Frequency - 30.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%, Synthesis work - 30.0%)*

- *Assessment 2 (Exam - 30.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%, Synthesis work - 30.0%)*

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

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

**6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.**

**6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
G.F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, 3rd edition, John Wiley and Sons, 2000
K. Krane, *Introductory Nuclear Physics*, John Wiley and Sons, 1987**

Mapa X - Instrumentação para o Espaço / Space Instrumentation

**6.2.1.1. Unidade curricular:
Instrumentação para o Espaço / Space Instrumentation**

**6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):
José Lopes Pinto da Cunha**

**6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:
Vitali Iourievitch Tchepel - PL + T = 20.00
Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo - PL + T = 20.00
Rui Miguel Curado da Silva - PL + T = 20.00**

**6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Competências específicas principais:
Compreensão das técnicas de instrumentação para detecção 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**

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:
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**

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- 1.Introdução: canais de dados em astrofísica (radiação electromagnética e partículas); detectores com interesse espacial.**
- 2.Telescópios ópticos/IR (óptica adaptativa, fotometria, filtros, polarimetria, espectroscopia, interferometria).**
- 3.Fotodetectores (UV/visível/NIR): características gerais e modos de funcionamento (PMTs, fotodíodos, APD, MCP, CCDs); ruído; razão sinal/ruído.**
- 4.Espectroscopia (raios X, e partículas carregadas): resolução em energia; eficiência de deteção; características temporais dos sinais.**
- 5.Electrónica nuclear.**
- 6.Técnicas experimentais em Física da Radiação : radiação de fundo; técnicas de coincidências-anticoincidências; análise da forma dos sinais; medidas de tempos de vida/tempo de voo.**

7. Tratamento estatístico de dados; técnicas de aquisição e análise de dados.

8. Telescópios de raios cósmicos, raios X e radiação gama.

9. Requisitos para a construção de instrumentos a lançar para o espaço.

6.2.1.5. Syllabus:

- 1. Introduction: Data channels in astrophysics (electromagnetic radiation and particles); detectors with interest for space.**
- 2. Optical Telescopes / IR (adaptive optics, photometry, filters, polarimetry, spectroscopy, interferometry).**
- 3. Photodetectors (UV / visible / NIR): general characteristics and operating modes (PMTs, photodiodes, APD, MCP, CCDs); noise; signal / noise ratio.**
- 4. Spectroscopy (X rays, and charged particles): energy resolution; detection efficiency; temporal characteristics of the signals.**
- 5. Nuclear electronics.**
- 6. Experimental Techniques in Radiation Physics: background radiation; techniques of coincidences-anticoincidences; shape analysis; temporal characteristics of the signals / time of flight.**
- 7. Statistical analysis of data; techniques for data acquisition and data analysis.**
- 8. Telescopes of cosmic rays, X rays and gamma radiation.**
- 9. Requirements for building instruments to launch into space.**

6.2.1.6. 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 electromagnético, 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.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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 discusse 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.

6.2.1.7. 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 óptica no visível, IR e UV ii) instrumentação de raios X e iii) instrumentação de raios gama e de altas energias.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 30.0%, Trabalho de síntese - 20.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 50.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

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.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 30.0%, Laboratory work or Field work - 50.0%, Synthesis work - 20.0%)

6.2.1.8. 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 respectiva fundamentação, segmentada em módulos específicos consoante os grandes domínios específicos da detecção de radiações.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

High Energy Astrophysics, Vol I, M. S. Longair, Cambridge University Press, 2004.

X-ray detection astronomy, G.W. Fraser, Cambridge Astrophysics Series, Cambridge University Press, 1989.

Radiation Detection and Measurement, G. F. Knoll, John Wiley & Sons, 3rd ed., 2000.

Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-to Approach, W. Leo, Springer-Verlag, 2nd ed..

Astrophysical Techniques, C. R. Kitchin, Taylor & Francis, 4 edition, 2003.

Óptica, E. Hecht, ed. C. Gulbenkian.

Exploring the X-ray Universe, P.A. Charles and F.D. Seward, Cambridge University Press, 1995;

Introductory Nuclear Physics, K.S. Krane, John Wiley & Sons, 1998.

Mapa X - Interação da Radiação com a Matéria / Interaction of Radiation with Matter

6.2.1.1. Unidade curricular:

Interação da Radiação com a Matéria / Interaction of Radiation with Matter

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Rui Ferreira Marques - PL + T = 30.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

Alexandre Miguel Ferreira Lindote - PL + T = 30.00

6.2.1.4. 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 competências de simulação e modelação, usando software genérico e desenvolvimento de pequenos programas

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.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

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 simulation and modelling skills, using generic software as well as development of small specific programs

Development of analytical and synthesis reasoning skills, problem-solving and critical analysis of data and results.

Development of learning autonomy, creativity and laboratory skills.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Interação de partículas carregadas com a matéria.

Dispersão de partículas por i) electrões ii) núcleos atómicos.

A equação de dE/dx na aproximação de Bohr.

Equação de Bethe-Block.

dE/dx para materiais compostos. Alcance de uma partícula. Curva de Bragg.

Flutuações estatísticas na perda de energia. Straggling. Deposição de energia em espessuras finas. Distribuição de Landau.

dE/dx para electrões e positrões.

Dispersão múltipla de partículas. Distribuição de Molière. Produção de raios delta.

Interação da fotões com a matéria.

Efeito fotoeléctrico. Cálculo da secção eficaz.

Efeito de Compton. Secção eficaz de Klein-Nishina. Bordo de Compton.

Secções eficazes de bremsstrahlung e produção de pares.

Interação de neutrões com a matéria.

Detectores gasosos.

Detectores de semiconductor.

Detectores líquidos, orgânicos, inorgânicos e criogénicos.

Formação dos sinais em detectores de radiação. Resolução em energia e em posição.

Detectores de neutrões.

Simulação de um detector de radiação.

6.2.1.5. Syllabus:

Interaction of charged particles with matter.

Scattering of particles by i) electrons ii) atomic nuclei

dE/dx equation in the Bohr approximation.

Bether-Bloch equation.

dE/dx for composite materials. Particle range. Bragg curve.

Statistical fluctuations in energy loss. Straggling. Deposition of energy in thin layers. Landau distribution.

dE/dx for electrons and positrons.

Multiple scattering of particles. Molière distribution. Production of delta rays.

Interaction of photons with matter.

Photoelectric effect. Calculation of cross-section.

Compton effect. Klein-Nishina cross-section. Compton edge.

Cross-section for bremsstrahlung and pair production.

Interaction of neutrons with matter.

Gaseous detectors.

Semiconductor detectors.

Liquid, organic, inorganic and cryogenic detectors.

Signal formation in radiation detectors. Energy and position resolution.

Neutron detectors.

Simulation of a radiation detector.

6.2.1.6. 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.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

-Aulas teóricas com recurso ao quadro negro e à projecção de transparências e 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 leccionadas, para serem discutidos pelos alunos. Estudo de casos típicos. -Desenvolvimento de projectos com âmbito mais abrangente e maior profundidade do que os problemas exemplificativos

Avaliação:

- Avaliação (Frequência - 40.0%, Mini Testes - 20.0%, Resolução de problemas - 20.0%, Trabalho de síntese - 20.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

-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.

Evaluation:

*- Assessment (Frequency - 40.0%,
Mini Tests - 20.0%, Resolution Problems - 20.0%, Synthesis work - 20.0%)*

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

As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência. No trabalho laboratorial os alunos terão oportunidade de desenvolver os objetivos de trabalho autónomo, criatividade e as competências de índole laboratorial preconizadas.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

“Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: a how to approach”, W. Leo, Springer, 1994.

“Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection”, Claude Leroy and Pier-Giorgio Rancoita, World Scientific, 2004.

Complementary bibliography

High Energy Astrophysics: volume 1, Malcolm S. Longair, Cambridge Press, 2004

Mapa X - Introdução à Astrofísica / Introduction to Astrophysics**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Introdução à Astrofísica / Introduction to Astrophysics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Alex Heinz Ladislaus Blin, T+OT=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Capacidade para resolver problemas.

Compreensão teórica dos fenómenos físicos.

Cultura geral aprofundada em Física.

Capacidade para aprender.

Capacidade para procurar e utilizar bibliografia.

Nomeadamente:

- Entender os processos físicos que governam a evolução dos planetas, estrelas e galáxias.

- Ser capaz de entender as bases do modelo cosmológico e os dados observacionais que o apoiam.

- Adquirir as bases necessárias para analisar criticamente os novos avanços da astrofísica e cosmologia.

Competências genéricas:

Competência em comunicação oral e escrita;

Competência em gestão da informação;

Competência para resolver problemas;

Competência em raciocínio crítico;

Competência para comunicar com pessoas que não são especialistas na área;

Competência em aprendizagem autónoma;

Adaptabilidade a novas situações;

Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Problem solving skills.

Theoretical understanding of physical problems.

Enhanced general knowledge of physics.

Learning capacity.

Capacity to find and use bibliographical references.

In particular:

- Understanding of the physical processes governing the evolution of planets, stars and galaxies.

- Capacity to understand the foundations of the cosmological model and the observational data which lend support to it.

- Acquisition of the necessary bases to analyze critically new developments in astrophysics and cosmology.

Generic skills:

Competence in oral and written communication;

Competence in information management;

Competence to solve problems;

Competence in critical thinking;

Competence to communicate with people who are not experts in the field;

Competence in independent learning;

Adaptability to new situations;

Competence to apply in practice the theoretical knowledge.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1-Ferramentas da Astrofísica: mecânica celeste; espectro contínuo de luz; teoria da relatividade restrita; interação de luz com a matéria; medidas de distâncias no universo.

2-A natureza das estrelas: propriedades das estrelas; estrutura, formação e evolução estelar; o Sol; a morte das estrelas; estrelas variáveis e estrelas explosivas; estrelas compactas e buracos negros.

3-O sistema solar: processos físicos; planetas terrestres; planetas gigantes; a formação do sistema solar.

4-Galáxias e o universo: a Via Láctea; meio interestelar; estrutura das galáxias; classificação e propriedades das galáxias; evolução galáctica; estruturas de grande escala no Universo; galáxias ativas e quasars.

5-Cosmologia: modelos cosmológicos; determinação dos parâmetros cosmológicos

6-O universo primitivo: um universo em expansão; a núcleo-síntese primordial, teoria da inflação.

6.2.1.5. Syllabus:

1-Astrophysical tools: celestial mechanics; the continuous spectrum of light; special relativity; interaction of light with matter; measuring distances in the universe.

2-The nature of stars: properties of stars; stellar structure, formation and evolution; the sun; the death of stars; variable stars and exploding stars; compact stars and black holes.

3-The solar system: physical processes; terrestrial and giant planets; the formation of the solar system.

4-Galaxies and the universe: the Milky Way; interstellar medium; structure of the galaxies; classification and properties of galaxies; galactic evolution; large scale structure of the universe; active galaxies and quasars.

5-Cosmology: cosmological models; determination of the cosmological parameters.

6-The young universe: cosmological expansion; primordial nucleosynthesis; inflationary theories.

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

O método e a estratégia de ensino procuram envolver os alunos no processo de aprendizagem e avançar o seu desenvolvimento pessoal. Assim, o aluno adquire competência técnica especializada e aprofunda os seus conhecimentos gerais de física.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The teaching methods and strategy aim at an involvement of the student in the learning process and at his personal development. In this way, the student acquires specialized technical competence and deepens his general understanding of physics.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação dos diferentes tópicos ilustrados com aplicações práticas.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 100.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Presentation of the different topics illustrated with practical applications.

Evaluation:

- **Assessment (Exam - 100.0%)**

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

Baseado na compreensão e nos conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e nos exercícios de aplicação prática, que os alunos resolvem em casa e que são discutidos nas aulas teórico-práticas, estão criadas as condições para o desenvolvimento das competências em resolver problemas, em raciocínio crítico, em aplicar na prática os conhecimentos teóricos e, mais genericamente, no desenvolvimento de raciocínio analítico e sintético.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Based on the understanding and knowledge acquired in the theoretical part of the course and on the practical application problems, which the students solve at home and which are discussed in the problem session classes, the necessary conditions are created to develop the competence to solve problems, to exercise critical thinking, to apply theoretical knowledge in practical problems, and, more generically, to develop analytical and synthetic reasoning.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

CARROLL, Bradley W.; OSTLIE, Dale A. (1996). An Introduction to Modern Astrophysics. Addison Wesley.

PEACOCK, J. A. (2000). Cosmological Physics. Cambridge University Press.

Mapa X - Mecânica Celeste / Celestial Mechanics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Mecânica Celeste / Celestial Mechanics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Margarida Maria Lopes da Silva Camarinha - TP = 75.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Pretende-se com esta disciplina que os alunos compreendam os movimentos dos corpos celestes, incluindo a discussão das recentes descobertas dos planetas extra-solares. Espera-se também que os alunos venham a dominar a utilização de catálogos estelares, para a compreensão e construção de sistemas de referência.

As principais competências a desenvolver são: capacidade de análise e síntese; capacidade de formular e resolver problemas; capacidade de trabalho em grupo; raciocínio crítico; capacidade de aprendizagem autónoma; iniciativa e espírito empreendedor; capacidade de aplicar na prática os conhecimentos teóricos.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This course aims at letting the students understand the movements of celestial bodies, including the discussion of the recent discoveries of extrasolar planets. It is also expected that students will master the use of star catalogues, for understanding and building systems of reference.

The main competencies are: capacity analysis and synthesis; ability to formulate and solve problems; ability to work in groups; critical thinking; autonomous learning ability; initiative and entrepreneurship; ability to apply theoretical knowledge in practice.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- Breve introdução à Mecânica Newtoniana: Breve resenha histórica (Ptolomeu, Copérnico, Tycho Brahe, Kepler e Newton) e conceitos fundamentais (as três leis de Kepler para o movimento dos planetas em torno do Sol, as três leis de Newton para o movimento de uma partícula, sistemas de referência inerciais, lei da atracção universal e constante da gravitação universal).

- Movimento próprio das estrelas e correcção das coordenadas.

- Movimento de um ponto num campo newtoniano.

- Problema dos dois corpos.

- Algumas aplicações:

- *Estudo do movimento anual da Terra e do movimento anual aparente do Sol.*
- *Efeitos sobre as observações: paralaxe e aberração anuais.*
- *Estudo dos movimentos dos satélites artificiais.*
- *Problema dos n corpos. Introdução à teoria das perturbações.*
- *Algumas aplicações:*
- *Estudo da precessão e da nutação da Terra e dos efeitos sobre as observações.*
- *Planetas extra-solares.*
- *Transformação entre coordenadas aparentes e médias. Catálogos de estrelas.*

6.2.1.5. Syllabus:

- *Brief introduction to Newtonian Mechanics: a brief historical review (Ptolemy, Copernicus, Tycho Brahe, Kepler and Newton) and fundamental concepts (Kepler's three laws for the motion of planets around the sun, Newton's three laws for the motion of a particle, inertial reference systems, Newton's law of attraction and the gravitational constant).*
- *Proper motion of the stars and correction of the coordinates.*
- *The one-body problem in a Newtonian field.*
- *The two-body problem.*
- *Some applications:*
- *The annual movement of the Earth and the Sun's apparent annual movement.*
- *Effects on the observations: annual parallax and aberration.*
- *Study of the motion of artificial satellites.*
- *The n -body problem. Introduction to perturbation theory.*
- *Some applications:*
- *Study of precession and nutation of the Earth and effects on the observations.*
- *Extra-solar planets.*
- *Conversion between apparent coordinates and mean coordinates. Star catalogs.*

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

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular constituem, no seu conjunto, uma primeira abordagem, no quadro da Mecânica Newtoniana, de problemas que envolvem os movimentos dos corpos celestes, incluindo a discussão das recentes descobertas dos planetas extra-solares, e os movimentos dos satélites artificiais. Como complemento da disciplina de Elementos de Astronomia e para uma melhor compreensão/construção de sistemas de referência, são apresentadas as bases teóricas para as correções de coordenadas que envolvem aspectos da Cinemática e da Mecânica Celeste (movimento próprio das estrelas, paralaxe e aberração anuais, precessão, nutação,...) e para uma consulta adequada dos catálogos estelares. Dado o carácter interdisciplinar da unidade curricular, os alunos desenvolvem competências em análise e síntese, raciocínio crítico, capacidade de formular e resolver problemas e de aplicar os conhecimentos adquiridos noutras disciplinas do 1º Ciclo.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus of this course consists on a first approach, in the framework of Newtonian mechanics, to problems that involve the celestial bodies' motions, including the discussion of recent discoveries of extra-solar planets, as well as the motion of artificial satellites.

As a complement to the course of Elements of Astronomy, and for a better understanding / construction of systems of reference, the theoretical basis for the corrections of coordinates which involve aspects of kinematics and Celestial Mechanics (proper motion of the stars, annual parallax and annual aberration, precession, nutation ...) and for the correct consultation of star catalogs are presented.

Given the interdisciplinary character of this curricular unit, students develop skills in analysis and synthesis, critical thinking and capacity to formulate and solve problems and to implement the knowledge acquired in other disciplines of the 1st cycle.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Uma parte significativa das aulas teórico-práticas é de cariz expositivo, complementada com a apresentação de exemplos concretos e a resolução de exercícios propostos que permitem aplicar os conhecimentos adquiridos. O trabalho individual e de grupo e a discussão na sala de aula são incentivados pelo professor. Os alunos têm ainda acesso a atendimento individual, onde podem discutir o seu trabalho e apresentar as dificuldades encontradas.

Avaliação:

- *Avaliação Contínua (Frequência - 70.0%, Mini Testes - 30.0%)*
- *Avaliação Final (Exame - 100.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

A significant part of practical classes is expositive in nature, complemented by the presentation of specific examples and problem solving for applying the acquired knowledge. Personal and group work and discussion in

the classroom are encouraged by the teacher. Students are also accompanied individually to discuss their work and to identify any difficulties.

Evaluation:

- *Continuous Assessment (Frequency - 70.0%,
Mini Tests - 30.0%)*
- *Final Assessment (Exam - 100.0%)*

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

Como primeiro contacto, para a grande maioria dos alunos, com questões relacionadas com a Mecânica Racional e com a Astronomia, o curso tem necessariamente uma parte significativa de cariz expositivo, complementada por aplicações à resolução de problemas em contextos, tanto quanto possível, extraídos da realidade. Esta resolução de problemas ocorre em sala de aula, onde se estimula o trabalho e discussão em grupo, mas também no quadro do estudo desenvolvido autonomamente por cada aluno, que é orientado e corrigido pela responsável da disciplina. Os mini-testes e a frequência, para além de constituírem momentos individuais de avaliação e de autoavaliação, são também momentos privilegiados de aprendizagem, já que todos os testes são posteriormente resolvidos e discutidos na sala de aula.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Since this course is the first contact with issues related to Rational Mechanics and Astronomy for the vast majority of students, it has necessarily a significant part of expository classes, complemented by the resolution of problems in contexts, as much as possible, drawn from reality. These problem solving moments occur in the classroom, where work and group discussion is stimulated, but also at home, by each student alone, guided and corrected by the responsible of the course. The mini-tests and mid-term exams, being mainly moments of individual assessment and self-assessment, are privileged moments of learning as well, since all tests are solved and discussed in class.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

F. R. Moulton, An Introduction to Celestial Mechanics, Dover Publications, 1970

P. M. Fitzpatrick, Principles of Celestial Mechanics, Academic Press, 1970

R. Green, Spherical Astronomy, Cambridge University Press, 1993

Mapa X - Relatividade Geral e Cosmologia / General Relativity and Cosmology

6.2.1.1. Unidade curricular:

Relatividade Geral e Cosmologia / General Relativity and Cosmology

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira - OT + T = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Objetivos:

Conhecimentos aprofundados de Relatividade Geral e suas aplicações em Cosmologia.

Competências:

- . *Competência em análise e síntese;*
- . *Conhecimento de uma língua estrangeira;*
- . *Competência para resolver problemas;*
- . *Competência em raciocínio crítico;*
- . *Competência em aprendizagem autónoma;*
- . *Uso da internet como meio de comunicação e fonte de informação;*
- . *Competência em trabalho em grupo;*
- . *Criatividade;*
- . *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;*
- . *Competência em investigar.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Objectives:

Detailed knowledge of General Relativity and its applications in Cosmology.

skills:

- . *Competence in analysis and synthesis;*
- . *Knowledge of a foreign language;*
- . *Competence to solve problems;*
- . *Competence in critical thinking;*
- . *Competence in independent learning;*
- . *Use the internet as a means of communication and source of information;*
- . *Group work in competence;*
- . *creativity;*
- . *Competence to apply in practice the theoretical knowledge;*
- . *Competence to investigate;*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Gravitação e geometria - Introdução histórica. Geometrias não euclidianas e teorias da gravitação.

Relatividade Especial - Revisões.

Noções de hidrodinâmica relativista. Tensor energia-momento para um fluido perfeito: propriedades, leis de conservação. Equações fundamentais.

O princípio da equivalência. As experiências de Eötvös-Dicke e de Pound- Rebka. Conexão afim e tensor métrico. Símbolos de Christoffel.

O princípio da covariância geral e suas aplicações.

Gravitação e curvatura do espaço. Tensores de Riemann-Christoffel e de Ricci e o escalar da curvatura. Transporte paralelo e tensor da curvatura. Identidades de Bianchi.

As equações de Einstein numa métrica quase minkowskiana.

Soluções das equações de Einstein para campos estáticos e isotrópicos; singularidade.

Equação geral de movimento de uma partícula ou de fóton num campo gravitacional. Aplicações.

Princípio cosmológico. Desvio para o vermelho. Métrica de Robertson-Walker. Modelos. Big-Bang, evolução do universo.

6.2.1.5. Syllabus:

Geometry and Gravitation - historic introduction. Non-Euclidean geometries and theories of gravitation.

Special Relativity - Revision.

Concepts of relativistic hydrodynamics. Momentum-energy tensor of a perfect fluid: properties, conservation laws. Fundamental equations.

The equivalence principle. The Eötvös-Dicke e de Pound- Rebka experiments. Affine connection and metric tensor. Christoffel symbols.

The principle of general covariance and its implications.

Gravitation and space curvature. Riemann-Christoffel and Ricci tensors, curvature scalar. Parallel transport and curvature tensor. Bianchi identities.

Einstein equation in a quasi-minkowski metric.

Solutions of Einstein equations for isostatic and isotropic fields; singularity,

General equation of motion of a particle or photon in a gravitational field. Applications.

Cosmological principle. Red shift. Robertson-Walker metric. Models. Big-Bang, evolution of the universe.

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

O curso expõe a Teoria da Relatividade Geral e Cosmologia incluindo a matemática (cálculo tensorial e geometria diferencial) necessária para compreender a gravitação. O aluno é obrigado a resolver uma série de problemas clássicos que permitem fazer a ponte entre a Mecânica Clássica Relativista e a Teoria da Relatividade Geral. O curso coloca muito ênfase na resolução destes problemas que são fundamentais para o aluno ter sucesso no curso. As experiências mais importantes para a confirmação da teoria de Einstein, incluindo o princípio de equivalência, são discutidas ao longo do curso.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The course exposes the Theory of General Relativity and Cosmology including the mathematics (tensor calculus and differential geometry) needed to understand gravitation. The student is required to solve a series of classical problems that make the bridge between the Relativistic Classical Mechanics and the General Theory of Relativity. The course puts much emphasis on solving these problems that are fundamental for the student to succeed in the course. The most important experiences for the confirmation of Einstein's theory, including the principle of equivalence, are discussed throughout the course.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações apresentadas. Será dada ênfase às técnicas matemáticas necessárias para a compreensão da teoria.

Avaliação:

- **Avaliação (Mini Testes - 70.0%, Trabalho de síntese - 30.0%)**

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Expository teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented. Emphasis will be given to the mathematical techniques necessary for the understanding of the theory.

Evaluation:

- **Assessment (**

Mini Tests - 70.0%, Synthesis work - 30.0%)

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

O curso é iniciado com uma breve descrição histórica da gravitação e por uma primeira abordagem, que se pretende mais heurística, à geometria diferencial. De seguida faz-se uma revisão da Relatividade Especial, incluindo a descrição Hidrodinâmica que servem como ponto de partida para chegar à Relatividade Geral. De seguida é desenvolvida toda a maquinaria matemática necessária à Relatividade Geral. Uma vez discutido o princípio de equivalência e as experiências associadas, obtêm-se as equações de Einstein e estabelece-se a ponte com a descrição newtoniana da gravitação. Antes de fazer uma introdução à Cosmologia, discutem-se os testes clássicos da Relatividade Geral.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The course begins with a brief historical description of gravitation and a first heuristic approach to the differential geometry. A review of Special Relativity, including Hydrodynamics, a description that serves as a starting point to General Relativity. Then, the mathematical machinery needed to General Relativity is developed. After discussing the principle of equivalence and associated experiences, the Einstein equations are obtained and the bridge with Newtonian description of gravity is established. Before making an introduction to cosmology, the classical tests of general relativity are discussed.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

B. F. Schutz, A first course in general relativity, CUP 1990

H. Stephani, General Relativity. An introduction to the theory of the gravitational field, CUP 1990

J. B. Hartle, Gravity: an introduction to Einstein General Relativity, Addison-Wesley 2003

S. Carrol, Lectures on General Relativity, <http://xxx.lanl.gov/abs/gr-qc/9712019>

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, John Wiley & Sons 1972

S. Weinberg, Cosmology, CUP 2008

C. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman & Co Ltd 1973

L. Ryder, Introduction to General Relativity, CUP 2009

Mapa X - Seminário em Astrofísica / Astrophysics Seminar**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Seminário em Astrofísica / Astrophysics Seminar

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

José Lopes Pinto da Cunha - S = 30.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

Cada seminário específico é orientado por uma docente da FCTUC, especialista no assunto versado nesse seminário.

em 2015-2016

Joaquim Marques Ferreira dos Santos - S = 30.00

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

Competência em organização e planificação

Competência em gestão da informação
Competência em entender a linguagem de outros especialistas
Competências de comunicação científica e técnica
Competência para articular o pensamento, apresentá-lo e desenvolver aptidão argumentativa.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Competence in organization and planning
Information management competences
Competence in understanding the language of other specialists
Scientific and technical communication skills
Ability to articulate the thought, present it and develop argumentation skills.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Depende em geral do tema, na área da Astrofísica, que seja escolhido para a Dissertação/Estágio, mas há a preocupação de que sejam temas adequados ao curso, por norma sobre assuntos recentes com interesse para a astrofísica e a instrumentação para o espaço.

6.2.1.5. Syllabus:

In general it depends on the topic, in the field of astrophysics, which is chosen for the Dissertation/Internship, but these topics are carefully chosen so that they are about subjects suitable for the course, normally about recent issues with interest to the field of astrophysics and instrumentation for the space.

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

O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objetivos do programa.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The seminar is prepared by the student accompanied by a supervisor who is responsible for ensuring consistency with the objectives of the programme.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Trabalho de avaliação continuada: o aluno estará em contacto, pelo menos quinzenal, com o seu orientador de trabalho de seminário. Outros requisitos poderão ser impostos pelo orientador em questão, dependendo do tipo de trabalho a desenvolver.

Avaliação:

- Avaliação (Trabalho de investigação - 50.0%, Trabalho de síntese - 50.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Continued evaluation work: the student should contact his seminar supervisor at least twice a month. Other requirements may be imposed by the supervisor, depending on the type of work to be done.

Evaluation:

- Assessment (Research work - 50.0%, Synthesis work - 50.0%)

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

O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objetivos do programa.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The seminar is prepared by the student accompanied by a supervisor who is responsible for ensuring consistency with the objectives of the programme.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Revistas Científicas adequadas ao tema em causa.
Scientific Journals suitable to the subject concerned.

Mapa X - Simulação e Métodos de Monte Carlo / Simulation and Monte Carlo Methods

6.2.1.1. Unidade curricular:

Simulação e Métodos de Monte Carlo / Simulation and Monte Carlo Methods

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo - PL + T = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

- 1. O aluno deve ficar a conhecer as limitações dos números pseudo-aleatórios e dos geradores correspondentes.*
- 2. Deve compreender o fundamento do método de Monte Carlo e o âmbito de aplicação desta técnica de simulação.*
- 3. Ser capaz de simular uma amostra de dados e de antecipar por simulação a resposta de um sistema qualquer.*
- 4. Ser capaz de fazer um modelo de Monte Carlo de um processo físico (e de uma sequência de processos físicos) com o intuito de prever e reproduzir o funcionamento de um sistema.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- 1. The student should become aware of the limitations of pseudo-random numbers and of the different architectures of random number generators.*
- 2. He must understand how Monte Carlo simulation works and how and when to apply it.*
- 3. He should be able to simulate from a sample and to anticipate, through simulation, the response of a system.*
- 4. He should also be able to model a physical process to predict and reproduce the outcome of a system*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Método de Monte Carlo. O que é e como se implementa
Números aleatórios – requisitos. Tipos de geradores. Testes.
Probabilidades discretas, contínuas e cumulativa. Distribuição uniforme. Distribuições não uniformes - exponencial e gaussiana
Alteração da densidade de probabilidade: método da inversão, da rejeição e de Box-Muller. Caso de mudança de variáveis
Integração com M.C. Valores espectáveis
Importance sampling
Métodos de resolução de equações: substituições sucessivas, Newton-Cotes, meios intervalos e regula-falsi
Métodos de interpolação: polinómios, fórmula de Lagrange e interpolação "piecewise"
Métodos para estimar raízes de funções: Newton-Raphson, secante, bissecção e Regula-Falsi.
Métodos de integração: quadraturas de Newton-Cotes aberta e fechada Regras do ponto médio, trapézio e de Simpson. Quadratura gaussiana
Integração de equações diferenciais: método de Euler, de Neuer e de Runge-Kutta
Random walks, cadeias de Markov, algoritmo de Metropolis. Aplicações

6.2.1.5. Syllabus:

Monte Carlo method: Definition and implementation.
Random numbers – requirements. Types of random number generators. Tests.
Probabilities: discrete, continuous and cumulative. Uniform distribution. Non-uniform distributions: exponential and Gaussian.
Change of probability density: inversion and Box-Muller methods. Change of variables.
Monte Carlo integration.
Importance sampling
Finding the root of equations: successive substitutions, Newton-Cotes, half intervals and regula-falsi methods.
Interpolation methods: polynomial interpolation, Lagrange formula and piecewise interpolation.
Finding the roots of functions: Newton-Raphson, secant, bisection and regula-falsi
Integration methods: Newton-Cotes quadrature (open and closed), middle point, trapezoid and Simpson rules.
Gaussian quadrature.
Integration of differential equations: Euler, Neuer and Runge-Kutta methods.
Random walks, Markov chains, Metropolis algorithm. Examples and applications.

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

O método de Monte Carlo é apresentado como uma ferramenta poderosa para a resolução de inúmeros problemas de índole diversa, quer no âmbito da Física, quer fora desse âmbito. As aulas teóricas fornecem e a base para a resolução de problemas e dão o suporte teórico e as possibilidades do método de Monte Carlo. Permitem decidir quando e como usar o 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 teórico práticas dá a experiência necessária para prever o sucesso de uma aplicação. No

final os alunos escolhem um projecto para o qual criam um modelo, implementam esse modelo, obtêm resultados e discutem-nos, provando assim a aquisição de conhecimentos ao longo do curso.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Monte Carlo method is presented as a powerful tool to solve many kinds of problems either in Physics or in other environments. Classes give the theoretical background, the basis for problem solving and also provide an insight for the possibilities of the method. They suggest when and how to use the method, how to create a model compatible with the situations under study and decide the most convenient options in each situation computational, precision and cost wise. Together with tutorials students will gain the expertise to predict the success of a given Monte Carlo simulation study. Students will choose a project they want to study, create a model and get the corresponding results which they discuss, in view of what was expected (or of known experimental results), in order to access the credibility of the model

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- *Aulas teóricas com recurso ao quadro negro e eventual projecção de transparências e animações computacionais;*
 - *discussão das matérias incluindo o estudo de casos exemplificativos.*
 - *aulas abertas a discussão com os estudantes.*
 - *desenvolvimento de projectos 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, temas, etc, cuja solução possa ser dada pelo método de Monte Carlo.*
- Exemplos de modelos para situações típicas*

Avaliação:

- *Avaliação (Apresentação teórica de tema relacionado com a matéria, à escolha do aluno - 10.0%, Projecto - 50.0%, Resolução de problemas - 40.0%)*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures use the blackboard and occasionally slide projection. They intend to be a discussion of the subjects and they 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, etc.

Typical Monte Carlo dealt situations are also described and studied.

Evaluation:

- *Assessment (Presentation by the student of a topic included in the syllabus - 10.0%, Project - 50.0%, Resolution Problems - 40.0%)*

6.2.1.8. 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 teórico práticas em que os alunos são colocados perante problemas que podem ser resolvidos pelo Método de Monte Carlo.

Ainda nas aulas TP 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.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Knuth, The Art of Computer Programming, 3rd vol, Addison-Wesley, 1999.*
- *Press et al., Numerical Recipes in c, Camb. Univ. Press, 1992.*
- *Wong, Computational Methods in Physics and Engineering, 2nd ed, Prentice-Hall, 1997.*
- *R. Gaylord, P. Wellin, Computer Simulations with Mathematica, Springer, 1995.*

Mapa X - Sistemas Espaciais de Posicionamento e Navegação / Spatial Systems of Positioning and Navigation

6.2.1.1. Unidade curricular:

Sistemas Espaciais de Posicionamento e Navegação / Spatial Systems of Positioning and Navigation

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Carlota Isabel Leitão Pires Simões - T+ TP = 75.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Preende-se que os alunos adquiram competências na utilização dos sistemas globais de posicionamento e navegação aplicados à resolução de problemas oriundos de diversas áreas, nomeadamente cartografia, cadastro, monitorização ambiental ou planeamento e ordenamento do território. Nesse sentido, será feito um estudo mais aprofundado dos Sistemas de Posicionamento Espaciais, tendo em consideração os vários métodos de posicionamento e navegação. Serão analisadas técnicas de observação e processamento dos dados em função dos objetivos através de estudo teórico e prático.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main goal is that students acquire skills in global positioning systems applied to solving problems from different areas, including cartography, cadastre, environmental monitoring or planning and land navigation and positioning systems. Accordingly, further study of Spatial Positioning Systems will be done taking into account the various methods of positioning and navigation. Observational techniques and data processing according to the objectives through theoretical and practical study will be analyzed.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1.História, Evolução e Perspectivas dos Sistemas de Posicionamento e Navegação

Sistemas de Posicionamento e Navegação Global (GPS, GALILEO, GLONASS).

Instrumentação para posicionamento e navegação por satélite.

2.O Sistema Global de Posicionamento (GPS)

Modos de Posicionamento, Fontes de erro, Estratégias de processamento de dados.

3.Posicionamento Cinemático em Tempo Real

Modelos matemáticos de correcções diferenciais. Modelação de erros. Métodos e formatos de correcções de fase e código. Integridade, fiabilidade, continuidade e disponibilidade.

4.Navegação

Arquitetura de Sistemas Baseados em Localização.Cartografia para sistemas de navegação. Sensores integrados.

6.2.1.5. Syllabus:

1. History, Evolution and Perspectives of Navigation and Positioning Systems

Navigation and Global Positioning Systems (GPS, Galileo, GLONASS).

Instrumentation for positioning and satellite navigation.

2. The Global Positioning System (GPS)

Positioning Modes, error sources, data processing strategies.

3. Real-Time Kinematic Positioning

Mathematical models of differential corrections. Modeling errors. Methods and corrections of phase and code formats. Integrity, reliability, continuity and availability.

4. navigation

Architecture of Systems Based in Location. Cartography for navigation systems. Integrated sensors.

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

Esta uc tem um carácter fortemente interdisciplinar. Logo no primeiro capítulo, aborda-se a evolução dos sistemas de posicionamento e navegação (GPS, GLONASS, GALILEO), uma questão muito actual que envolve não apenas a tecnologia de ponta como também política geoestratégica, ficando demonstrada a importância dos sistemas espaciais de posicionamento e navegação na actualidade. Este contacto com a realidade é a motivação para a aquisição de competências na utilização dos sistemas globais de posicionamento e navegação aplicados à resolução de problemas oriundos de diversas áreas, nomeadamente cartografia, cadastro, monitorização ambiental ou planeamento e ordenamento do território.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

This curricular unit has a strong interdisciplinary character. The first chapter presentsw the evolution of navigation and positioning systems (GPS, GLONASS, GALILEO), an actual issue that involves not only the latest technology but also geostrategic policy, being shown the importance of spatial positioning systems nowadays. This contact with reality is a motivation to acquire skills in the use of global applied to solving problems from different areas, including cartography, cadastre, environmental monitoring or planning and land navigation and positioning

systems.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teórico-práticas são apresentados os conceitos e resultados teóricos mais relevantes, acompanhados de exemplos ilustrativos da teoria, aplicações simples mas motivadoras e de enquadramento histórico. Nas aulas práticas os estudantes devem resolver exercícios propostos. Os conceitos teóricos fundamentais apresentados nas aulas teóricas são acompanhados da resolução de problemas práticos, bem como da utilização de equipamento e software de sistemas globais de posicionamento por satélite. Os alunos poderão realizar projetos de forma a porem em prática os conhecimentos adquiridos.

Avaliação:

- Avaliação Contínua (Frequência - 70.0%, Mini Testes - 15.0%, Projecto - 15.0%)
- Avaliação Final (Exame - 100.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In the practical classes, the most relevant concepts and theoretical results are presented in detail , accompanied by illustrative examples of the theory in a simple but motivating applications and appropriate historical framework. In practical classes students must solve exercises. The fundamental theoretical concepts presented in lectures are accompanied by practical problem solving, and the use of equipment and global positioning systems satellite software. Students may undertake projects in order to put into practice the knowledge acquired

Evaluation:

- Continuous Assessment (Frequency - 70.0%, Mini Tests - 15.0%, Project - 15.0%)
- Final Assessment (Exam - 100.0%)

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

As aulas TP constituem o primeiro contacto dos estudantes com a matéria. Por isso, a motivação e a exemplificação, a par com o desenvolvimento de conceitos abstratos e apresentação de resultados teóricos com rigor e clareza, facilitam a assimilação dos conteúdos e o envolvimento dos alunos e são um incentivo ao estudo individual que complementa as aulas e é fundamental ao desenvolvimento da capacidade de generalização e abstração. Nas aulas PL os estudantes são chamados a resolver problemas sob orientação do professor, sendo confrontados com as suas próprias dificuldades e ajudados a superá-las.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

In TP classes the students have their first contact with the material. So, motivating the subject and presenting illustrative examples, together with the development of abstract concepts and presentation of theoretical results with rigor and clarity, facilitate the assimilation of the contents and the involvement of students. This is an incentive to individual study that is fundamental to develop generalization and abstraction ability. In PL classes, students are invited to solve problems under the guidance of the instructor, and are confronted with their own difficulties and helped to overcome them.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H. & COLLINS, J., 2001. GPS Theory and Practice. Springer-Verlag, Vienna New York, 5th ed.
Elliott Kaplan and Chris Hegarty Editors, Understanding GPS: Principles and Applications, 2nd Edition, Artech House, 2005*

Mapa X - Telemetria e Telegestão / Telemetry and Telemanagement

6.2.1.1. Unidade curricular:

Telemetria e Telegestão / Telemetry and Telemanagement

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Jorge Afonso Cardoso Landeck -T + TP = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Compreender a arquitectura global de um sistema de telemetria ou de telegestão, suas componentes, funções e

características; Compreender os sistemas SCADA e as suas aplicações; Compreender os aspectos relativos às Comunicações, respectivos protocolos e meios físicos incluindo as redes de sensores sem fios; Capacidade de utilizar e especificar sistemas de telemetria e de telegestão.

Competências a desenvolver:

Competência em análise e síntese

Competência em organização e planificação

Competência em trabalho em grupo

Competência em entender a linguagem de outros especialistas

Competência em aprendizagem autónoma

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Understand the overall architecture of a telemetry system or remote management, suas componentes, functions and features; Understanding SCADA systems and their applications; Understand the aspects related to communications, protocols and means físicos incluindo networks of wireless sensors; Ability to use and specify telemetry systems and remote management.

Skills to develop:

Competence in analysis and synthesis

Competence in organizing and planning

Competence in group work

Competence in understanding the language of other specialists

Competence in independent learning

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. Sistemas SCADA - Sistemas de Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados

2. Sensores, Actuadores e Controlo Remoto

3. Sistemas Remotos de Tempo Real

4. Comunicações de Dados Componentes de um sistema de comunicações;

5. Comunicações via Rádio, Redes de Sensores sem Fios

6. Unidades de Gestão / Supervisão

7. SCADA e Telegestão: aspectos económicos e perspectivas futuras

6.2.1.5. Syllabus:

1. SCADA - Systems Supervisory Control and Data Acquisition

2. Sensors, Actuators and Remote Control

3. Remote Real-Time Systems

4. Data Communications Components of a communications system;

5. Wireless Communications, Wireless Sensor Networks

6. Units of Management / Supervision

7. SCADA and Remote management: economic aspects and future prospects

6.2.1.6. 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.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação dos diferentes conteúdos lectivos apoiados com visitas a empresas utilizadoras de sistemas de telegestão proporcionando o contacto com casos reais. Realização de um trabalho laboratorial focando essencialmente na componente de comunicações e de um trabalho de síntese que obrigará os alunos a fazer pesquisa bibliográfica e uma exposição oral. Os alunos serão incentivados a trabalhar em grupo.

Avaliação:

- Avaliação (Frequência - 50.0%, Trabalho de síntese - 30.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 20.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Presentation of the different supported academic content with visits to businesses that use remote management

systems allowing contact with real cases. Development of a laboratory work focusing primarily on the communications component and of a synthesis study that will force students to do literature search and an oral presentation. Students will be encouraged to work together.

Evaluation:

- Assessment (Frequency - 50.0%, Laboratory work or Field work - 20.0%, Synthesis work - 30.0%)

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

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

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the 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

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, 3/e, Stuart A. Boyer, ISA -Instrumentation, System & Automation, USA, 2004. Understanding Data Communications, 7th Edition, Gilbert Held, Addison Wesley, 2002 Wireless Sensor Networks, A Systems Perspective – Bulusu, Nirupama e Jha, Sanjay –Artech House, 2005 Measurement Systems and Sensors, Nawrocki, Waldemar, Artech House, 2005 Real-Time Design and Analysis. An Engineer's Handbook, Laplante, Philip A., 2ndEdition, Wiley Interscience, 1997.

Mapa X - Teoria Quântica de Campos / Quantum Field Theory

6.2.1.1. Unidade curricular:

Teoria Quântica de Campos / Quantum Field Theory

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Pedro Almeida Vieira Alberto, T+TP=60

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Reconhecer a importância de métodos não-perturbativos para a análise de dados relativamente à dispersão e produção de partículas em processos de alta energia, realizados em aceleradores de partículas, como LHC, DESY, Fermilab, KEK e BEPC, ou em experiências que envolvem raios cósmicos, como o Pierre Auger Cosmic Ray Observatory.

Conhecer as equações de Bethe-Salpeter e Schwinger-Dyson.

Calcular secções eficazes de processos que envolvem interações fracas, fortes e electromagnéticas.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Recognize the importance of non-perturbative methods for data analysis regarding the dispersion and particle production in high energy processes, both in particle accelerators, such as LHC, DESY, Fermilab BEPC and KEK, or in experiments with cosmic rays, as the Pierre Auger cosmic Ray Observatory.

Knowing the Bethe-Salpeter and the Schwinger-Dyson equations.

Knowing how to calculate cross sections of processes involving weak, strong and electromagnetic interactions.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Densidades Lagrangeanas, simetrias e leis de conservação.

Campos de Klein-Gordon e de Dirac: segunda quantização; relações de comutação e anticomutação entre operadores de criação e de aniquilação; Propagadores.

Quantização do campo electromagnético.

Formalismo da Matriz S.

Diagramas de Feynman e regras em QED (eletrodinâmica quântica) e aplicações.

Métodos de regularização.**6.2.1.5. Syllabus:**

Lagrangian densities, symmetries and conservation laws.

Klein-Gordon and Dirac fields: second quantisation; commutation and anti commutation relations between creation and annihilation operators. Propagators.

Quantisation of the electromagnetic field.

S-matrix formalism.

Feynman diagrams and their rules in QED (Quantum Electrodynamics).

Regularisation methods.

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

Os conteúdos são essencialmente os que constituem o corpo de conhecimentos nesta área.

Analisando o conjunto de temas propostos, constroi-se todo um edifício de conceitos e discute-se a sua aplicação a problemas concretos.

Em termos de coerência não se vê portanto que os conteúdos não pudessem ser, no seu conjunto, muito diferentes dos que aqui propostos.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The contents are essentially those which constitute the body of knowledge in this area.

Analyzing the set of proposed themes, builds up an entire building of new concepts and sets the ground for discussing their application to concrete problems.

In terms of consistency one cannot see how the contents could be much different, as a whole, from those proposed herein.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações apresentadas. Será dada ênfase às técnicas matemáticas necessárias para a obtenção das propriedades dos processos de dispersão e produção de partículas elementares.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 100.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Expositive teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented. Emphasis will be given to the mathematical techniques needed to obtain the properties of the dispersion and production processes in the field of elementary particle physics.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 100.0%)

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

A dialética entre a descrição das técnicas matemáticas, o desenvolvimento dos conceitos físicos e a aplicação no seu conjunto ao cálculo de problemas de dispersão e colisão é manifestamente a melhor forma de dar corpo aos objectivos enunciados para esta unidade.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The dialectic interplay between the description of mathematical techniques, the development of physical concepts and its application as a whole to the calculation of dispersion and collision problems is clearly the best way to give effect to the objectives set for this unit.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

-Michael Peskin, Daniel Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Westview Press

-J. Bjorken, S. Drell, Relativistic Quantum Fields, McGraw-Hill

-Eef van Beveren, Some notes on Field Theory.

-R. J. Rivers, Path integral methods in quantum field theory, Cambridge University Press, 1987.

-Ta-Pei Cheng and Ling-Fong Li, Gauge theory of elementary particles, Clarendon Press, 1984.

-C. D. Roberts and A. G. Williams, Dyson-Schwinger equations and their application to hadronic physics, Prog. Part. Nucl. Phys. 33, 477 (1994).

-C. D. Roberts, Hadron Properties and Dyson-Schwinger Equations, Prog. Part. Nucl. Phys. 61, 50 (2008).

-M. S. Bhagwat, A. Hoell, A. Krassnigg, C. D. Roberts and S. V. Wright, Schwinger functions and light-quark bound

states, Few Body Syst. 40, 209 (2007).

-A. Krassnigg, C. D. Roberts and S. V. Wright, Meson spectroscopy and properties using Dyson-Schwinger equations, Int. J. Mod. Phys. A22, 424 (2007).

Mapa X - Tópicos de Astrofísica Moderna / Topics of Modern Astrophysics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Tópicos de Astrofísica Moderna / Topics of Modern Astrophysics

6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

José Lopes Pinto da Cunha - OT + T = 60.00

6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:

n/a

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

Competências específicas principais:

Cultura geral alargada em astrofísica

Compreensão teórica dos fenómenos físicos em astrofísica

Capacidade para resolver problemas de astrofísica

Adquirir uma visão lata do mundo e do universo e entender em que bases ela assenta

Capacidade crítica para entender os novos avanços da astrofísica e cosmologia.

Ser capaz de ler artigos científicos/divulgação nos diversos domínios da astrofísica e compreender o alcance dessas descobertas.

Competências específicas secundárias:

Competências matemáticas para resolver problemas

Capacidade de autonomia para aprender e articular conceitos

Capacidade para procurar e utilizar bibliografia especializada

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Main specific skills:

Broad general extended culture in astrophysics

Theoretical understanding of physical phenomena in astrophysics

Ability to solve astrophysical problems

Acquire a broad view of the world and the universe and understand on what basis it rests

Critical ability to understand new advances in astrophysics and cosmology.

Being able to read scientific/dissemination articles in the various fields of astrophysics and understand the scope of these findings.

Secondary specific skills:

Mathematical skills to solve problems

Autonomy to learn and articulate concepts

Ability to search and use specialized bibliography

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. O universo observável

2. Conceitos físicos essenciais em astrofísica

O virial de gases NR, UR e moleculares

3. Formação estelar

nuvens interestelares, condensação, estrelas T-Tauri, jatos

4. Gases e processos de transporte

Equações de estado de gases degenerados e de fótons.

Processos de transporte. Opacidade. Gradiente térmico

5. Estrelas

Modelação estelar

Equação de Saha

Processos termonucleares

Massa de Chandrasekhar

6. Evolução estelar**Diagrama de Hertzsprung-Russell****Sequência principal (SP)****Fases pre e pós SP****Estrelas massivas****Estrelas pulsadas****7. Supernovae, estrelas compactas e pulsares****8. Escalas e distâncias cósmicas****9. Galáxias****Dinâmica de galáxias****Matéria escura e buracos negros****Galáxias ativas e quasares****10. Cosmologia do Big Bang****Abundâncias primordiais****Radiação cósmica de fundo****Modelos de expansão do universo. Equação de Friedmann. Constante de Hubble. Energia escura****Equação de Einstein. Ondas gravitacionais****Modelo cosmológico padrão****6.2.1.5. Syllabus:****1. The observable universe****2. Essential physical concepts in astrophysics****The virial of gases NR, UR and molecular****3. Star formation****interstellar clouds, condensation, T-Tauri stars, jets****4. Gases and processes of transport****Equations of state of degenerate gases and photons.****Transport processes. Opacity. Thermal gradient****5. Stars****Stellar modeling****Saha equation****Thermonuclear processes****Chandrasekhar mass****6. Stellar evolution****Hertzsprung-Russell****Main sequence (MS)****Stages pre and post MS****Massive stars****Pulsed stars****7. Supernovae, compact stars and pulsars****8. Scales and cosmic distances****9. Galaxies****Dynamics of galaxies****Dark matter and black holes****Active galaxies and quasars****10. Big Bang cosmology****Primordial abundances****Cosmic microwave background****Expansion of the universe models. Friedmann equation. Hubble constant. Dark Energy****Einstein equation. Gravitational waves****Standard cosmological model****6.2.1.6. 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.

Esta disciplina é fundamental para o Mestrado. Nela que se abordam especificamente os fenómenos e as observações nos diversos domínios da astrofísica.

Em geral os alunos já tiveram as unidades curriculares de Elementos de Astronomia e Introdução à Astrofísica. Esta unidade curricular parte pois dessa base, propondo-se estudar os conteúdos propostos com mais profundidade, posicionando-se ao nível do 2º ciclo.

O estudo dos conteúdos propostos dá aos alunos os conceitos necessários ao entendimento da astrofísica, do corpo de conhecimentos atual, dos problemas atuais da astrofísica e da cosmologia e, conseqüentemente, da necessidade, especificidade e pertinência da instrumentação para o espaço.

Não há preequisitos a priori por forma a que quaisquer alunos a possam escolher. O coordenador fará a necessária ponderação.

6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

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

This course is fundamental for the Masters. It specifically addresses the phenomena and observations in the various fields of astrophysics.

In general, students have had the courses of Astronomy Elements and Introduction to Astrophysics. This unit is intended to study the proposed contents in more depth, positioning itself at the 2nd cycle level.

The study of the proposed contents gives students the concepts necessary for the understanding of astrophysics, the current body of knowledge, the current problems in astrophysics and cosmology, and hence the need, specificity and relevance of instrumentation for space.

There are no prerequisites a priori so that any students can choose it. The coordinator will give it the necessary attention.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta unidade tem aulas teóricas e aulas de orientação tutorial. Em ambas se discutem e apresentam os conteúdos do programa; as aulas tutoriais são sobretudo para discussão de proximidade em que os alunos são instados a participar ativamente, apresentando temas complementares ou conexos que previamente prepararam, para fazer a análise de descobertas e de artigos de investigação recente (de revistas de referência, e.g., Nature, Science, Astronomy and Astrophysics, Astrophysical Journal, Annual Reviews A&A, etc.) e é em geral onde se consideram problemas e aplicações concretas.

Avaliação:

- Avaliação (Exame - 60.0%, Trabalho de síntese - 40.0%)

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

This unit has lectures and tutorial lessons. The programme's content is presented and discussed in both classes; the tutorial classes are mainly for proximity discussions in which students are encouraged to actively participate, with complementary or related topics that they have previously prepared, to make the analysis of recent research papers (reference magazines, e.g., Nature, Science, Astronomy and Astrophysics, Astrophysical Journal, Annual Reviews A & A, etc.) and generally to consider applications and solve problems.

Evaluation:

- Assessment (Exam - 60.0%, Synthesis work - 40.0%)

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

Considera-se adequada a metodologia proposta, intercalando a análise dos fenómenos físicos com a discussão dos dados observacionais existentes e as perspectivas deixadas pelos problemas que continuam em aberto.

Esta dialética assegura a participação dos estudantes e o seu contacto com o estado da arte em vários domínios da astrofísica.

Após esta unidade curricular os estudantes poderão ler sobre as descobertas que vão surgindo, podendo perceber o alcance dessas descobertas.

6.2.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

We consider that the proposed methodology is rightly balanced, alternating the analysis of physical phenomena

with the discussion of existing observational data and perspectives left by the problems that remain open.

This dialectic ensures the participation of students and their contact with state of the art in many fields of astrophysics.

After this course students can read about the discoveries that arise and can realize the scope of these findings.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Harwit, M., Astrophysical Concepts, 4th ed., Springer, 2006.*
Kippenhahn, Wigert, Weiss, Stellar Structure and Evolution, 2nd ed., Springer, 2012.
Hansen, Kawaler, Trimble, Stellar Interiors, 2nd ed., Springer, 2004.
Longair, High Energy Astrophysics, 3rd ed., Cambridge Univ. Press, 2012.
Phillips, The Physics of Stars, 2nd. ed., Wiley, 1999.
Stahler, Palla, The Formation of Stars, Wiley, 2011.
Prialnik, Theory of Stellar Structure and Evolution, Cambridge Univ. Press, 2011.
Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Vol. 1, 2 e 3, Cambridge Univ. Press, 2000.
Schneider, Extragalactic Astronomy and Cosmology, Springer, 2006.
Ryden, Introduction to Cosmology, Addison-Wesley, 2003.
Kolb, Turner, The Early Universe, Addison-Wesley, 1994.
Duric, Advanced Astrophysics, Cambridge Univ. Press, 2003.
Freedman, Geller, Kaufmann, Universe, 10th ed., Freeman, 2013.

6.3. Metodologias de Ensino/Aprendizagem

6.3.1. Adequação das metodologias de ensino e das didáticas aos objetivos de aprendizagem das unidades curriculares.

As metodologias de ensino utilizadas dependem da especificidade de cada unidade curricular e estão especificadas nas respetivas Fichas de Unidade Curricular. A tipificação de cada unidade curricular em aulas teóricas, teórico-práticas, práticas, de orientação tutorial, etc..., está pois dependente do caráter e especialidade da unidade em causa. Em muitos casos é proposto ao aluno a resolução de problemas, trabalhos de síntese, análise de artigos científicos, etc..., por forma a incentivar a sua autonomia e capacidade de análise crítica e de síntese. A adaptação das metodologias de ensino e das didáticas aos objetivos de aprendizagem é atestada regularmente pela evolução da taxa de sucesso de cada unidade curricular.

6.3.1. Suitability of methodologies and didactics to the learning outcomes of the curricular units.

The teaching methods depend on the specificity of each teaching unit as specified in the respective course unit sheet specification (FUC). The typification of the classes of each course unit in lectures, problem-solving sessions, practice classes, tutorials, etc ..., is therefore dependent on the character and specialty of the unit concerned. In many cases the student is required to work out problems or write a synthesis work, analysis of scientific papers, etc ... in order to encourage its autonomy, independence and capacity for critical analysis and synthesis. The adaptation of teaching methodologies and didactic to the learning objectives is attested regularly by the evolution of the success and performance of each course unit.

6.3.2. Formas de verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS.

A adequação entre o número de créditos ECTS e a carga de trabalho necessária aos estudantes nas unidades curriculares é avaliada com base na informação recolhida junto dos docentes e através dos inquéritos pedagógicos realizados aos estudantes. A distribuição das tarefas a realizar pelos estudantes nas diferentes unidades curriculares, nomeadamente as datas para realização das provas de avaliação e datas para entrega de trabalhos, bem como a escolha das disciplinas de avaliação periódica e de avaliação por exame final, é coordenada entre os diferentes docentes e o coordenador do curso de modo a não sobrecarregar demasiado determinadas épocas do semestre, respeitando sempre a carga de esforço correspondentes aos ECTS das diferentes unidades curriculares. As boas taxas de sucesso na maior parte das unidades curriculares do curso atesta esta correcta adequação entre ECTS e carga de trabalho exigida aos estudantes.

6.3.2. Means to check that the required students' average work load corresponds the estimated in ECTS.

The verification that the average work load required corresponds to the estimated in ECTS is evaluated through the information given by the teaching staff and by the survey made to the students at the end of each semester. In order to avoid a concentration of workload during some periods of the semester and to respect the compliance between the workload required and the ECTS attributed to each curricular unit, the teaching staff of the curricular units and the course's coordinator adjust the assessment dates, including tests and due dates for issuing laboratory reports, etc. Also, the choice of the curricular units that have periodic assessment and which are evaluated by final exam

only, is harmonized between the teaching staff and the course's coordinator. The success rate and steady state of the curricular units imply that the average workload requested correspond generally to the ECTS credits attributed to the curricular units.

6.3.3. Formas de garantir que a avaliação da aprendizagem dos estudantes é feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Os objectivos programáticos e a correspondente metodologia de cada unidade curricular estão especificados na respetiva especificação técnica (FUC). Os métodos de avaliação dependem da unidade curricular, sendo os que se consideram adequados pelos docentes e pela coordenação do curso. A avaliação é frequentemente baseada em testes/exames em avaliações laboratoriais práticas e na discussão de artigos científicos, aferindo assim o envolvimento do aluno no processo de aprendizagem. A verificação da adequação entre a avaliação e os objetivos de aprendizagem é feita com base nos comentários dos alunos e dos docentes obtidos em inquéritos anuais e nas reuniões realizadas entre os docentes e a coordenação do curso. A comissão científica analisa e decide eventuais correções que se revelem necessárias e adequadas.

A escolha das disciplinas com avaliação periódica ou com avaliação final é supervisionada pelo coordenador de curso, ouvidos os docentes, de acordo com o Regulamento Pedagógico da UC.

6.3.3. Means to ensure that the students learning assessment is adequate to the curricular unit's learning outcomes.

The programme, objectives and the related methodology for each subject unit are specified in the relevant technical specification sheet (FUC). The assessment methods depend on the course unit, being that considered adequate by the teachers and the coordination of the course. The assessment is often based on tests/exams, laboratory assessments and discussion of scientific papers, thus engaging the student in the learning process. The adequacy of the learning objectives and the assessment are based on feedback from students and teachers obtained through annual surveys and form meetings between the teachers and the course coordinator. The scientific committee reviews and decides any corrections that may be necessary and appropriate.

The choice of subjects that shall have periodic versus those with final exams is supervised by the course's coordinator, after consultation with the teachers, according the Pedagogical Regulations of UC.

6.3.4. Metodologias de ensino que facilitam a participação dos estudantes em atividades científicas.

O MAIE é um curso de mestrado e como tal isso pressupõe naturalmente o envolvimento dos estudantes em projetos de investigação. A participação dos estudantes em atividades de investigação ocorre em algumas unidades curriculares cuja componente laboratorial é feita em ambiente de investigação, nos laboratórios dos centros de investigação sediados no Departamento de Física e no Observatório Geofísico e Astronómico da UC. Mas o envolvimento na investigação ocorre sobretudo no segundo ano do curso, no âmbito do projeto de investigação conducente à dissertação de Mestrado que todos os estudantes têm que fazer.

6.3.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities.

MAIS is a Master's degree and as such it naturally presupposes the involvement of students in research projects. The participation of students in research activities occurs in some teaching units whose laboratory component is made in the research environment, in the laboratories of research centres based in the Department of Physics and in the Geophysical and Astronomical Observatory of UC. But the involvement in research occurs mainly in the second year of the course under the research project leading to the Master's thesis that all students have to do.

7. Resultados

7.1. Resultados Académicos

7.1.1. Eficiência formativa.

7.1.1. Eficiência formativa / Graduation efficiency

| | Antepenúltimo ano / Two before the last year | Penúltimo ano / One before the last year | Último ano / Last year |
|--|--|--|------------------------|
| N.º diplomados / No. of graduates | 2 | 2 | 2 |
| N.º diplomados em N anos / No. of graduates in N years* | 1 | 2 | 1 |
| N.º diplomados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years | 1 | 0 | 1 |
| N.º diplomados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years | 0 | 0 | 0 |
| N.º diplomados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years | 0 | 0 | 0 |

Perguntas 7.1.2. a 7.1.3.

7.1.2. Comparação do sucesso escolar nas diferentes áreas científicas do ciclo de estudos e respetivas unidades curriculares.

Os alunos do MAIE fazem em geral o curso no tempo previsto. Alguns alunos têm avançado mais lentamente, mas alegaram a necessidade de avançar a tempo parcial por dificuldades económicas.

A diversidade e qualidade das teses de mestrado elaboradas no âmbito do MAIE são porventura a melhor forma de analisar o sucesso do curso per se. Essa qualidade atesta-se quer através das opiniões que têm vindo a ser manifestadas pelos sucessivos júris que as analisam e arguem, mas também pelo facto de terem dado origem direta à publicação de artigo científico e a uma patente.

Conquanto o MAIE não esteja segmentado em áreas científicas diferentes, podem-se agrupar, para efeitos comparativos, as teses consoante o seu domínio principal, em:

30% - Astrofísica/Simulação;

20% - Astrofísica/Processamento de Imagem;

50% - Instrumentação/Ciências Espaciais/Astrofísica.

Uma análise mais fina não teria grande significado dada a reduzida dimensão da amostra estatística.

7.1.2. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and related curricular units.

Students of the MAIS typically make the course on time. Some students have had to take longer but claimed the need to move to part-time for economic difficulties.

The diversity and quality of the master's theses prepared under the MAIS is certainly the best way to consider the success of the course per se. This quality is implied either by the views that have been expressed by successive juries that analyze and argue them, but also by the fact that some lead to direct publication of a scientific paper and to a patent.

While the MAIS is not branched into different scientific sub-areas, its theses can be grouped, for comparison purposes, according to their prime domain, in:

30% - Astrophysics / Simulation;

20% - Astrophysics / Image Processing;

50% - Instrumentation / Space Sciences / Astrophysics.

A more detailed analysis would have no significance given the small size of the statistical sample.

7.1.3. Forma como os resultados da monitorização do sucesso escolar são utilizados para a definição de ações de melhoria do mesmo.

O sucesso escolar nas diferentes unidades curriculares do programa de estudos é monitorizado com base nos parâmetros de qualidade fornecidos pela aplicação NONIO da UC, a que se junta a informação recolhida informalmente pela coordenação do curso junto de estudantes e docentes, através dos inquéritos pedagógicos realizados anualmente aos estudantes e aos docentes.

A coordenação do ciclo de estudos analisa, em ligação com o Diretor e a Comissões Científicas do DF e do DM, o funcionamento das unidades curriculares e discute com os docentes as situações menos satisfatórias em termos de sucesso ou avaliação escolar. Desta forma é possível definir as correções necessárias para melhorar o desempenho dos estudantes, podendo passar pela alteração do corpo docente associado à unidade curricular no ano letivo seguinte.

7.1.3. Use of the results of monitoring academic success to define improvement actions.

The academic success in different curricular units of the study cycle is monitored on the basis of quality parameters provided by the UC information application NONIO, along with information provided by the academic staff, the students, through pedagogical surveys, and obtained informally from teachers and students.

The MAIS coordination analyses, in connection with the Director and the Scientific Committees of DF and DM, the operation of the curricular units and discusses with the respective academic staff any unsatisfactory situations in terms of academic success or assessment practices. In this way it is possible to define the necessary corrections to improve the students' performance which, eventually, can lead to changes in the teaching team of the following academic year.

7.1.4. Empregabilidade.

7.1.4. Empregabilidade / Employability

| | % |
|---|----|
| Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em sectores de atividade relacionados com a área do ciclo de estudos / Percentage of graduates that obtained employment in areas of activity related with the study programme's area. | 88 |
| Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em outros sectores de atividade / Percentage of graduates that obtained employment in other areas of activity | 22 |
| Percentagem de diplomados que obtiveram emprego até um ano depois de concluído o ciclo de estudos / Percentage of graduates that obtained employment until one year after graduating | 88 |

7.2. Resultados das atividades científicas, tecnológicas e artísticas.

Pergunta 7.2.1. a 7.2.6.

7.2.1. Indicação do(s) Centro(s) de Investigação devidamente reconhecido(s), na área científica predominante do ciclo de estudos e respetiva classificação (quando aplicável).

Os principais Centros de Investigação com atividade na área da Física e respetiva classificação são:

CFisUC – Centro de Física da Universidade de Coimbra: Razoável (em fase de revisão)

LIP-Coimbra – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (Laboratório Associado): Muito Bom

LIBPhys-UC – Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física da Radiação: Bom (em fase de revisão)

CITEUC – Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra: Muito Bom

CMUC - Centro de Matemática da Universidade de Coimbra: Excepcional

INESC Coimbra - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra: Good (em fase de revisão)

CISUC - Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra: Muito bom

7.2.1. Research centre(s) duly recognized in the main scientific area of the study programme and its mark (if applicable).

The main Research Centers with activity in the field of Physics and respective mark are:

CFisUC – Center of Physics of the University of Coimbra: Fair (in revision phase)

LIP-Coimbra – Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics (Associated Laboratory): Very Good

LIBPhys-UC – Laboratory for Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics: Good (in revision phase)

CITEUC – Center for Research of Earth and Space of the University of Coimbra: Very Good

CMUC - Centre of Mathematics University of Coimbra: Outstanding

INESC Coimbra - Institute for Systems Engineering and Computers at Coimbra: Good (in revision phase)

CISUC - Centre for Informatics and Systems, University of Coimbra: Very Good

7.2.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos em revistas internacionais com revisão por pares, livros ou capítulos de livros, relevantes para o ciclo de estudos.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/1abb6be0-2fc2-65b8-7e62-56407af92f2b>

7.2.3. Mapa-resumo de outras publicações relevantes, designadamente de natureza pedagógica:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/1abb6be0-2fc2-65b8-7e62-56407af92f2b>

7.2.4. Impacto real das atividades científicas, tecnológicas e artísticas na valorização e no desenvolvimento económico.

As atividades científicas e tecnológicas associadas ao MAIE são desenvolvidas primeiramente nos projetos de investigação científica realizados pelos docentes e investigadores que lecionam o curso nos respetivos Centros de Investigação, as quais têm impacto significativo no desenvolvimento sócio-económico. As publicações científicas contribuem para a criação e divulgação do conhecimento e da cultura e também para o desenvolvimento de novos produtos e processos tecnológicos, já que estes resultam da aplicação desse conhecimento. Os alunos do MAIE participam nestas atividades de investigação sobretudo em projetos que realizam nos Centros de Investigação e em empresas tecnológicas, conducentes à elaboração da dissertação de Mestrado.

Existe também o impacto económico resultante da formação de diplomados com elevada qualificação científica: quer sejam cientistas ou profissionais qualificados, há benefício para o tecido empresarial tecnológico.

7.2.4. Real impact of scientific, technological and artistic activities on economic enhancement and development.

The scientific and technological activities associated with MAIS are primarily developed within scientific research projects undertaken by faculty and researchers who teach the MAIS, in the respective research centres, which have significant impact on the socio-economic development. The resulting scientific publications contribute to the creation and dissemination of knowledge, to the culture and also for the development of new products and technological processes, as they result from the application of this knowledge. Students of MAIS participate in these research activities mostly through the projects they have to do in research centres and technological companies, leading to the preparation of the Master's dissertation.

There is also the economic impact that results from training of graduates with high scientific qualifications: - whether future scientists or skilled professionals, there is benefit to the technology and to the business community.

7.2.5. Integração das atividades científicas, tecnológicas e artísticas em projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais.

Os professores e investigadores que lecionam o MAIE estão integrados em Centros de Investigação e participam em colaborações nacionais e internacionais. Existe um nível muito elevado de internacionalização nos projetos de investigação de que fazem parte os docentes e investigadores dos DF e DM. Estes envolvem quer acordos bilaterais com grupos de investigação de outras universidades, nacionais e estrangeiras, quer a participação em grandes colaborações internacionais ou participações em instalações internacionais. Os alunos do MAIE que participem nestes projetos são naturalmente integrados nas respetivas equipas de investigação e desenvolvimento

nacionais e internacionais. Os alunos que fazem estágio em empresas tecnológicas são integrados nos projectos dessas empresas, que por norma são projetos internacionais.

7.2.5. Integration of scientific, technological and artistic activities in national and international projects and/or partnerships.

Teachers and researchers who teach the MAIS are integrated into research centres and participate in national and international collaborations. There is a very high level of internationalisation in the research projects in which teachers and researchers of DF and DM participate. These are supported either on bilateral agreements with research groups from other universities, national and foreign, or on the participation in large international collaborations or in international facilities. Students of MAIS participating in these projects are naturally integrated into the respective research teams, both national or international. Students undertaking internships in technology companies are integrated in the projects of these companies, which normally are international projects.

7.2.6. Utilização da monitorização das atividades científicas, tecnológicas e artísticas para a sua melhoria.

As unidades de investigação e desenvolvimento que integram docentes e investigadores que lecionam o MAIE são avaliadas regularmente pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e por comissões independentes internacionais. O resultado dessas avaliações leva a alterações na organização e no funcionamento das unidades de investigação, que vão desde alterações no foco dos projetos até à fusão ou eliminação de linhas de investigação.

Os alunos do MAIE que participam em projetos nestas unidades de investigação adquirem competências e o contacto com a realidade da investigação científica. Na sequência dessa participação são frequentemente escritas cartas de recomendação para que prossigam em futuros projetos e/ou bolsas de investigação. Os projetos científicos mais interessantes, do ponto de vista dos alunos, tendem a captar mais alunos para realizar a sua investigação nos centros que os desenvolvem, em particular ao nível do 3º ciclo.

7.2.6. Use of scientific, technological and artistic activities' monitoring for its improvement.

The Research and Development Units concerned, in which teachers and researchers of MAIS do research, are regularly assessed by the Foundation for Science and Technology (FCT) and by international independent commissions. The result of these assessments leads to changes in the organisation and in the functioning of the research units. These changes range from changes in the strategy and projects focus, merging of lines of investigation, etc.

Students of MAIS participating in projects in these research units acquire skills and contact with the reality of scientific research. Following that participation students every so often ask for letters of recommendation to pursue future projects and / or research grants. The most interesting scientific projects, from the students' point of view, tend to be more attractive to students willing to conduct their research in the centres concerned, notably at the 3rd cycle level of studies.

7.3. Outros Resultados

Perguntas 7.3.1 a 7.3.3

7.3.1. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artístico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada na(s) área(s) científica(s) fundamental(ais) do ciclo de estudos.

O MAIE proporciona uma formação avançada de qualidade aos seus estudantes, preparando-os para prosseguirem os seus estudos de 3º ciclo, na UC ou noutra instituição de ensino superior nacional ou internacional. Mas o curso pretende também especializar profissionais para trabalhar em empresas de âmbito espacial, dando uma formação transversal que lhes permita dialogar e compreender o contexto em que vão operar. As atividades de desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços à comunidade são realizadas, por professores e investigadores que lecionam o MAIE, e por estudantes no âmbito de projetos dos centros de investigação e em empresas de forte pendor tecnológico onde fazem estágio. Dos trabalhos de investigação resultam publicações científicas e patentes tecnológicas, contribuindo para o avanço do conhecimento. Os alunos do MAIE podem participar nestes projetos durante o ano letivo no âmbito do projeto conducente à dissertação final de mestrado.

7.3.1. Activities of technological and artistic development, consultancy and advanced training in the main scientific area(s) of the study programme.

The MAIS provides advanced quality training to its students, preparing them to continue their studies 3rd cycle, at the UC or at other national or international higher education institution. But the course also aims to specialise professionals to work in companies operating in the space domain, giving a cross-training that allow them to discuss and understand the context in which they will be operating. Activities of technological development and consultancy are provided by professors and researchers who teach the MAIS, and by students in the framework of their projects either in research centres or in companies highly technological. The results of this research are shared by means of scientific publications and technology patents, thus contributing to the advancement of knowledge. The MAIS students participate in these projects during the academic year, namely in projects leading to the final master's dissertation.

7.3.2. Contributo real dessas atividades para o desenvolvimento nacional, regional e local, a cultura científica, e a ação cultural, desportiva e artística.

O MAIE contribui para o desenvolvimento nacional, regional e local, e para a cultura científica, primeiramente através da atividade dos docentes e investigadores envolvidos na sua lecionação e na orientação de projetos dos alunos do Mestrado.

A formação de pessoas contribui sempre decisivamente para o desenvolvimento da sociedade. No caso vertente, este mestrado contribui além disso para o aumento da qualificação da mão-de-obra em áreas importantes para o desenvolvimento científico e tecnológico, e logo económico, do país e do mundo, em áreas em que existe falta de profissionais altamente qualificados. Os estudantes, em colaboração com os professores e investigadores, também contribuem para as atividades de divulgação científica levada a cabo pelo DF junto das escolas básicas e secundárias, e da população em geral.

7.3.2. Real contribution for national, regional and local development, scientific culture, and cultural, sports and artistic activities.

The MAIS contributes to national, regional and local development and to the scientific culture, primarily through the activity of academics and researchers involved either in teaching or on orientation of students doing projects leading to the Master's dissertation thesis.

The education and training of people always contributes decisively to the development of society. In this case, this master contributes also to increase labor skills in key areas of scientific and technological development, which lack highly qualified professionals. In the end, the economic development is mostly dependent of educated people, in this country or elsewhere. Students, in collaboration with teachers and researchers also contribute to science communication and outreach activities carried out by the DF for basic and secondary schools, and the general population.

7.3.3. Adequação do conteúdo das informações divulgadas ao exterior sobre a Instituição, o ciclo de estudos e o ensino ministrado.

A UC mantém, atualizada, a sua página <http://www.uc.pt> a partir da qual se encontra informação detalhada sobre a instituição, as suas unidades orgânicas e serviços. Em <http://apps.uc.pt/courses/pt/index>, pode obter-se informação sobre cada um dos cursos da UC e seu plano de estudos. Em <http://www.uc.pt/candidatos> e <http://www.uc.pt/academicos>, é dada informação atualizada sobre candidaturas e gestão académica, respetivamente, procurando-se, cada vez mais, que um acesso virtual que facilite o contacto com os serviços académicos.

Em <https://inforestudante.uc.pt> e <https://infordocente.uc.pt>, estudantes e docentes têm acesso a informação detalhada sobre aspetos fundamentais para o processo de ensino aprendizagem tais como sumários, material pedagógico, fóruns de discussão, avaliações, calendário e horário escolares, avisos vários, avaliação da qualidade pedagógica.

Os conteúdos curriculares, etc..., estão ainda em: fisica.uc.pt/astrofisica

7.3.3. Suitability of the information made available about the institution, the study programme and the education given to students.

The University has a web site <http://www.uc.pt> where can be found detailed information about the institution, its organisational units (OU), and services. The information concerning each course and its study plan can be found in <http://apps.uc.pt/courses/pt/index>. Updated information on applications is possible in <http://www.uc.pt/candidatos> and the academic management is to be found in <http://www.uc.pt/academicos>. It is intended that a virtual access facilitates the contact with the academic services.

In <https://inforestudante.uc.pt> and <https://infordocente.uc.pt>, students and teachers have access to detail information on aspects which are fundamental to the learning process, such as summaries, pedagogical material, discussion forums, evaluation, school schedules, numerous notifications and evaluation of the pedagogical quality. The curriculum contents, etc ..., are also readily available at: fisica.uc.pt/astrofisica

7.3.4. Nível de internacionalização

7.3.4. Nível de internacionalização / Internationalisation level

| | % |
|---|----|
| Percentagem de alunos estrangeiros matriculados na instituição / Percentage of foreign students | 25 |
| Percentagem de alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Percentage of students in international mobility programs (in) | 0 |
| Percentagem de alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Percentage of students in international mobility programs (out) | 25 |
| Percentagem de docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Percentage of foreign academic staff (in) | 0 |
| Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Percentage of academic staff (out) | 3 |

8. Análise SWOT do ciclo de estudos

8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos

8.1.1. Pontos fortes

O curso insere-se claramente na missão e na estratégia científica da Universidade de Coimbra. Congrega em si diversas áreas de investigação que existem na instituição e projecta-se como um estímulo à multidisciplinaridade na Universidade de Coimbra (UC), nomeadamente em áreas científicas originárias dos Departamentos de Física, Matemática, Ciências da Terra e do Observatório Geofísico e Astronómico da UC.

A existência do MAIE é também importante para o desenvolvimento na UC das áreas científicas com ele relacionadas. Com efeito, a investigação e leccionação da astrofísica e das ciências do espaço não eram tradicionalmente áreas com grande expressão na UC, o MAIE insere-se por isso na lógica de desenvolvimento de domínios de que a Universidade não pode prescindir. O Mestrado tem neste respeito uma função estratégica fundamental, contribuindo para o processo de consolidação e desenvolvimento destas áreas e de outras afins na UC, como é o relançamento do estudo da física solar e a criação de um centro de estudos da terra e do espaço. O curso proporciona uma sólida formação que conjuga as áreas da astrofísica e da instrumentação e isso torna-o singular no país. Este perfil, ademais associado a uma estrutura curricular versátil, permite complementar a formação dos alunos, consoante a sua proveniência académica e consoante a sua formação anterior seja mais teórica, ou mais aplicada, ou mais no domínio da engenharia. Esta geometria variável, associada à capacidade da coordenação do Mestrado de regular a escolha das opções de cada aluno, permite desenhar planos de estudo individuais, talhados à medida de cada estudante.

O Mestrado insere-se num contexto onde têm sido criadas empresas tecnológicas especializadas, algumas que desenvolvem projectos para missões espaciais da ESA e da NASA. O curso tem vindo a estabelecer parcerias com estas empresas, em particular através de estágios nessas empresas, conducentes à dissertação de mestrado. As respostas aos inquéritos SGQP da UC, quer de alunos quer de docentes, denotam um grau de satisfação geral elevado (dão 4 em 5 nos vários indicadores de qualidade), estando este mestrado entre os mais bem classificados dos que estão à responsabilidade dos departamentos de Física e de Matemática da UC, enaltecendo-se os indicadores de qualidade e disponibilidade docente.

O corpo docente tem apenas doutores em regime de tempo integral, os investigadores têm papel de relevo na leccionação de matérias específicas e a investigação insere-se nas áreas pertinentes do MAIE. A boa qualidade das teses de mestrado atestam a qualidade da formação dos alunos, dos projetos de investigação que as suportam e da respetiva supervisão, incluindo as elaboradas a partir de trabalhos em ambiente empresarial. O conteúdo integral de todas as teses do MAIE está disponível em fisica.uc.pt/astrofísica (exceto uma tese, que aguarda patente).

8.1.1. Strengths

The course is clearly part in the mission and scientific strategy at the University of Coimbra. It gathers in itself several areas of research that exist in the institution and projects itself as a stimulus for multidisciplinary at the University of Coimbra (UC), including in scientific fields originating from the Departments of Physics, Mathematics, Earth Sciences and the Geophysical and Astronomical Observatory of UC.

The existence of MAIS is also important for the development at UC of scientific areas related to it. Indeed, research and teaching in astrophysics and space sciences were not traditionally areas with great expression in the UC, thus the MAIS fits in the strategy to bring these areas forward, given that the University can not dispense them. The Master has in this respect a key strategic role, contributing to the consolidation and development of these areas and other related at UC, as is the revival of the studies in solar physics or the creation of the centre for the study of earth and space.

The course provides a solid foundation that combines the areas of astrophysics and instrumentation and this makes it unique in the country. This profile, associated with a versatile curriculum structure, allows for the design of personified training plan, depending on the academic origin and prior education of the student, either more theoretical, or more applied or more focused on engineering. This variable geometry, associated with the Master's coordination ability to regulate the choices of the options of each student, lets individual study plans to be tailored to each student.

The Master is set in an environment where specialized technology companies have been created, some developing projects for space missions of ESA and NASA. The course has been establishing partnerships with these companies, in particular through internships at these companies, leading to the master's thesis.

The responses to the UC SGQP either by both students and teachers, denote a high degree of overall satisfaction (giving 4 in 5 in the various quality indicators), putting this masters among the top-ranked of those under the responsibility of departments Physics and Mathematics, sticking out indicators of teacher's quality and availability. The faculty has only PhD doctors in full-time, researchers have an important role in specific teaching areas and their research covers relevant areas of MAIS. The good quality of master's theses attest to the quality of students' training, the underline research projects and respective supervision, including the work carried out in business environment. The full contents of all MAIS theses is available in fisica.uc.pt/astrofísica (but a thesis, which has a patent pending).

8.1.2. Pontos fracos

1. O curso apresenta debilidades inerentes ao facto de ter um reduzido número de alunos. Isso afecta a visibilidade do curso, interfere na perceção de eventuais candidatos e introduz dificuldades ao

estabelecimento/aprofundamento de parcerias com outras instituições, nomeadamente empresas, por falta de escala.

O reduzido número de candidatos limita a seletividade dos alunos admitidos, e justifica a elevada amplitude das classificações de candidatura; conquanto isso não tenha prejudicado o desempenho académico dos alunos do curso (dois alunos suspenderam o curso por razões económicas).

O MAIE é um mestrado de especialidade, que se insere na área da física e da engenharia, mas a generalidade dos cursos de engenharia foi sendo paulatinamente convertido em mestrados integrados. A base potencial de recrutamento do MAIE está portanto muito prejudicada, tendo ficado muito mais dependente da base de candidatos com licenciatura em Física, que é reduzida.

2. A instrumentação de cariz especificamente espacial, em particular a integração de sistemas em missões espaciais, tem expressão pouco significativa no MAIE. A instrumentação lecionada no curso prepara o aluno para lidar com instrumentação especificamente usada no espaço, nos regimes visível, IR, UV, gama ou radiação de partículas, mas seria uma mais valia incluir alguns módulos letivos de instrumentação mais específica.

3. A disciplina de Análise e Processamento de Imagem é uma peça fundamental do curriculum do MAIE, sendo por isso obrigatória. É dada em associação com o Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica, para quem a imagiologia e o processamento de imagem são igualmente importantes. As técnicas de análise são universais. Porém, seria desejável para a motivação dos alunos, que algumas das aulas práticas versassem especificamente a análise completa de imagens astronómicas e respetiva interpretação.

8.1.2. Weaknesses

1. The course has weaknesses inherent to having a small number of students. This affects the visibility of the course interferes with the perception of possible candidates and introduces difficulties to establish/strengthen partnerships with other institutions, including companies, due to lack of scale.

The small number of candidates limits the selectivity of admitted students, and justifies the rating amplitude of the admitted applicants; although this has not harmed the academic performance of the students (two students suspended the course for economic reasons).

The MAIS is a specialisation master's degree, which falls in the area of physics and engineering, but the large majority of engineering courses was being gradually converted into integrated masters. The potential recruitment ground of MAIS is hence badly damaged, having become much more dependent on the basis of candidates with a degree in physics, which is reduced.

2. Space instrumentation, in strict sense, in particular the field of systems integration in space missions, has little expression in MAIS. The instrumentation taught to the course prepares the student to deal with specific instrumentation used in space, be it for visible radiation, IR, UV, gamma or particle radiation, but it would be an asset to include some academic modules of more specific instrumentation.

3. the subject of Analysis and Image Processing is a critical piece of the MAIS curriculum and is therefore mandatory. It is given in association with the Master in Biomedical Engineering, for whom imaging and image processing are equally important. The analytical techniques are universal. But it would be desirable for student motivation, that some of the practical classes be specifically on full analysis of astronomical images and respective interpretation.

8.1.3. Oportunidades

Portugal participa em organismos internacionais cuja missão está centrada no estudo do Espaço, em particular a ESA e o ESO. Este envolvimento verifica-se a nível científico e académico, mas também a nível tecnológico por parte de empresas nacionais. Estas atividades criam claras oportunidades para absorver diplomados deste Mestrado, quer no país quer diretamente nesses organismos. Esta perspectiva está em linha com as perspectivas abertas pelo programa quadro de financiamento europeu, H2020, no qual o Espaço é uma das áreas contempladas.

O ambiente académico é rico e diverso proporcionando aos alunos um ambiente propício à aprendizagem.

O surgimento na zona centro de um cluster de empresas com forte pendor tecnológico, representa para os nossos alunos boas perspectivas de empregabilidade e cria condições sistémicas para desenvolver e consolidar o MAIE. Existem localmente empresas tecnológicas a operar no domínio espacial, com competências quer ao nível do software de controle quer também ao nível do hardware e do comportamento dos materiais de satélites. A colaboração com essas empresas tem vindo a ser materializada e a sua importância estratégica tem sido sempre mutuamente referida.

O MAIE tem características específicas que o diferenciam dos homólogos existentes no país, porque conjuga a formação em instrumentação com um programa mais convencional de astrofísica. A versatilidade do plano de estudo, construído com muitas opções, constitui uma vantagem do curso, sistematicamente referido pelos estudantes.

Esta circunstância aliada ao facto de os outros mestrados congéneres também terem limitações semelhantes no que concerne ao número de alunos abre reais perspectivas de colaboração, primeiramente em áreas de formação

específica que sejam de interesse mútuo. Essa possibilidade começou já a ser explorada e parece-nos muito interessante, sendo ademais potenciadora de formas novas de colaboração interinstitucional que vão além do estrito âmbito do MAIE. Nas oportunidades da envolvente ao curso identifica-se pois como relevante a criação de eventuais parcerias com outras universidades, que permitam aos alunos do MAIE frequentar módulos letivos específicos complementares, em assuntos em que essas instituições sejam especialmente fortes e vice-versa.

8.1.3. Opportunities

Portugal participates in international organisations whose mission is focused on the study of space, particularly ESA and ESO. This involvement is found at the scientific and academic level, but also in technology by domestic companies. These activities create clear opportunities to absorb graduates of this Master, either in the country or directly in these organisations. This view is in line with the prospects offered by the EU funding framework program, H2020, in which the space is one of the covered areas.

The academic environment is rich and diverse providing students with a friendly environment propitious to learning.

The rise in the central region of the country of a cluster of companies with technologically driven yields good prospects of employability to our students and creates systemic conditions to develop and consolidate MAIS. There are local technology companies that operate in space missions, with competencies at the level of control software as well as both in terms of hardware and behaviour of materials for satellites. The collaboration with these companies has been materialised and its strategic importance has always been mutually recognized.

The MAIS has specific characteristics that differentiate it from existing counterparts in the country because combines training in instrumentation with a more conventional program of astrophysics. The versatility of the study plan, built with many options, is a clear advantage of the course, systematically referred to by students.

This circumstance coupled with the fact that the other counterparts masters also have similar limitations regarding the number of students opens real prospects for cooperation, primarily in areas of specific training that are of mutual interest. This possibility has already being prospected and it seems very interesting, besides being a possible promoter of new forms of inter-institutional collaboration that go beyond the strict scope of MAIS. Hence, amongst the opportunities posed by the surroundings to the course one identifies as relevant the creation of possible partnerships with other universities, that allow MAIS students to attend academic complementary specific modules in those institutions and vice-versa, in subjects in which they are especially strong.

8.1.4. Constrangimentos

O constrangimento principal do curso advém do facto de (quase) todos os cursos de engenharia serem hoje mestrados integrados. Isto reduziu muito a mobilidade dos alunos intercursos e retirou a este mestrado a possibilidade de, na prática, recrutar alunos dessas áreas limitando o universo de naturais candidatos a este mestrado. De facto, em geral, uma vez concluído o mestrado integrado, tendo já uma formação ao nível de 2º ciclo, constata-se que estes alunos tendem naturalmente a enveredar diretamente por cursos de 3º ciclo, ao invés de procurarem outro curso de mestrado de especialidade. É sintomático que poucos alunos que o mestrado já teve sejam proveniente de um mestrado integrado. Isso também se nota no facto de haver manifestações de interesse no MAIE de alunos que frequentam mestrados integrados em engenharia, mas que depois recuam perante a perspetiva de deixar um curso em que estão integrados para se aventurarem numa mudança. A generalização dos mestrados integrados é efetivamente um fator de bloqueio da mobilidade dos estudantes, que veio subverter completamente o espírito dos acordos de Bolonha.

O facto de a UC estar inserida num meio demograficamente rarefeito torna mais difícil o recrutamento de estudantes em todas as áreas, incluindo na Física e áreas afins.

O reduzido número de empresas tecnológicas espaciais com sede no país e os tempos incertos que o país atravessa, não são propiciadores de confiança, levando os estudantes enveredar por áreas mais tradicionais no país.

A falta de escala associada ao reduzido o número de alunos que frequentam o mestrado traz limitações acrescidas ao estabelecimento e aprofundamento de parcerias com outras entidades, tecnológicas e científicas, da comunidade envolvente e a prossecução de iniciativas conjuntas com essas entidades. Ademais, isso afecta a visibilidade do curso e interfere na perceção dos eventuais candidatos ao curso.

Todavia, pelas razões apontadas, não está ao alcance da instituição alterar várias das circunstâncias que limitam o crescimento do MAIE. Não sendo expectável que os candidatos vindos de mestrados integrados cresçam significativamente, esse crescimento fica essencialmente dependente da captação de novos alunos de cursos de licenciatura nacionais e estrangeiras. Será pois necessário reorientar o trabalho de divulgação tendo em vista essa perspetiva, dando especial ênfase às experiências vividas e aos trajetos profissionais dos alumni do MAIE.

Apesar de ter sido até agora reduzido o número de alunos do MAIE, e das limitações que tal acarreta, este mestrado tem tido um papel fundamental de dinamização e relançamento na UC da investigação em áreas como a cosmologia, astrofísica, instrumentação espacial, da física solar e da física planetária. São disso exemplo a

diversidade, a atualidade e a qualidade das teses que foram escritas e aprovadas nestes anos, conforme se constata em fisica.uc.pt/astrofisica.

8.1.4. Threats

The main constraint/threat comes from the fact that (almost) all engineering degrees have been transformed into integrated masters. This greatly reduced the mobility of students between courses and, in practice, is much more difficult recruiting students from these areas, thus limiting the range of natural candidates for this master. In fact, generally upon completion of an integrated master's degree, as it appears, these students tend naturally to enrol directly in a 3rd cycle course, rather than seek for another 2nd cycle masters degree. It is significant that just a few students who ever enrolled in MAIS had come from an integrated masters. Moreover, there are expressions of interest in the MAIS from students who are attending integrated master's degrees in engineering, but that give up face of the prospect of quitting at the middle of their degrees. The generalisation of integrated masters is effectively a mobility deterrent factor of students, that completely subvert the spirit of the Bologna agreements.

The fact that the UC is placed in a demographically depleted region makes it difficult to recruit students in all areas, notably in physics and related fields.

The small number of national companies involved in space activities and the uncertain times the country is facing are not propitious of confidence, and thus students tend to enrol in more traditional areas.

The lack of scale associated with the reduced number of students attending the Masters poses limitations on undertaking and strengthening partnerships with other entities, scientific and technological, and the pursuit of joint initiatives with these entities. Moreover, it affects the view of the course and interferes with the perception of possible candidates for the course.

However, for the reasons given, it is not within reach of the institution UC change these circumstances that limit the growth of MAIS. It is not likely that candidates coming from integrated masters grow significantly, this growth is mainly dependent on attracting new students from 1st degree courses, both national and from abroad. Therefore, it is necessary to reorient the communication work towards this perspective, giving special emphasis to the personal experiences and carer tracks of alumni MAIS.

Although the number of MAIS students has been reduced so far, and the supervenient limitations that this entails, this master has had a key role in boosting and reviving within the UC the research in areas such as cosmology, astrophysics, space instrumentation, solar physics and planetary physics. The quality of the theses that have been written and approved in recent years, their diversity and up-to-date, support this view, as can be seen in fisica.uc.pt/astrofisica.

9. Proposta de ações de melhoria

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria

1. Investir mais na divulgação do curso através de iniciativas com elevado impacto. Reforçar parcerias com empresas tecnológicas de âmbito espacial através da organização de eventos conjuntos, de forma a aumentar a visibilidade e a dar uma perceção positiva do curso aos potenciais candidatos. Tentar que a investigação que a UC desenvolve nestas áreas dê mais visibilidade ao Mestrado. Investir na organização de ciclos de debate sobre temas da investigação recente relacionados com a astrofísica, integrados no Mestrado ou que a ele possam ser associados.

Adicionalmente, em articulação com os organismos próprios da Universidade de Coimbra, procurar investir mais ativamente na divulgação do MAIE fora do País, em particular no Brasil e em países do extremo oriente, onde a presença da UC é já notória.

Este trabalho insere-se seguramente num esforço de melhoria contínua, cujos resultados serão porventura apenas visíveis apenas a médio-longo prazo.

9.1.1. Improvement measure

1. Do more in publicizing the course through initiatives with high impact. Strengthen partnerships with technology companies working for space, by organizing joint events to increase visibility and give a positive perception of the course to potential candidates. Keep trying that the research carried out at UC in areas concerned increase the awareness of MAIS. Investing more in organizing seminars on recent research topics related to astrophysics, embodied in the masters or that may be assigned to it.

Moreover, in coordination with the appropriate bodies of the University of Coimbra, we seek to invest more actively in promoting the MAIS abroad, particularly in Brazil and in Eastern countries, where the UC is already present. This work is certainly a part of the continuous improvement effort that is necessary, whose results will perhaps just

be visible only in the medium to long term.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida
 1. *alta; processo contínuo.*

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.
 1. *high; continuous process.*

9.1.3. Indicadores de implementação
 1. *número de candidatos e alunos do curso.*

9.1.3. Implementation indicators
 1. *number of students enrolling in the course.*

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria
 2. *Incluir alguns módulos de instrumentação espacial e integração de sistemas através de parcerias com empresas envolvidas no desenvolvimento de instrumentos para missões espaciais da ESA. Esta formação será incluída em disciplinas como "Instrumentação para o Espaço" ou "Ciências Planetárias" ou pode alternativamente assumir a forma de workshops opcionais com avaliação de desempenho, creditados em complemento ao diploma dos alunos interessados, nos termos previstos pela UC para esta modalidade de formação.*

9.1.1. Improvement measure
 2. *Add some space instrumentation modules and systems integration procedures through partnerships with companies involved in the development of instruments for space missions of ESA. This training will be included in subjects such as "Instrumentation for Space" or "Planetary Sciences" or can alternatively take the form of optional workshops ,with assessment performance credited in the complement to the diploma of interested students, as provided by the UC for this type of training.*

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida
 2. *alta; dois anos.*

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.
 2. *high; two years.*

9.1.3. Indicadores de implementação
 2. *avaliação dos alunos*

9.1.3. Implementation indicators
 2. *students assessment*

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria
 3. *Incluir nas aulas de Análise e Processamento de Imagem um módulo prático de análise e processamento de imagens astronómicas, que poderia ser lecionado por investigadores do Observatório astronómico da UC ou, eventualmente, no âmbito de um workshop orientado por um especialista convidado.*

9.1.1. Improvement measure
 3. *Add to the subject Analysis and Image Processing a module of practical classes on the analysis and processing of astronomical images, which could be taught by researchers from Geophysical and Astronomical Observatory of UC or, possibly as part of a workshop run by a guest expert.*

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida
3. média; dois anos.

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.
3. medium; two years.

9.1.3. Indicadores de implementação
3. avaliação e opinião dos alunos medida pelos inquéritos pedagógicos.

9.1.3. Implementation indicators
3. assessment and opinions of students measured by educational surveys.

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria
4. Com vista a aumentar a atratividade do curso está a ser ultimada a preparação de uma unidade sobre Física Solar que será proposta como opção do MAIE (para aprovação pelos órgãos científicos competentes da UC), aproveitando o know how do Observatório Geofísico e Astronómico da UC e o manancial de dados que o Observatório tem sobre o sol. Esta unidade curricular funcionará eventualmente em formato modular, incluindo nomeadamente módulos específicos sobre magnetohidrodinâmica, física do envelope solar, vento solar, etc. Incluirá aulas de análise de dados de observação obtidos em vários comprimentos de onda. De realçar que a Física Solar tem merecido nos últimos 10 a 15 anos particular atenção por parte da comunidade internacional, uma vez que têm sido aprovadas várias missões por diferentes agências espaciais em todo o Mundo, tais como, a SOHO, SDO, STEREO e, mais recentemente, a missão SMILE, comum entre a ESA e a Academia de Ciências Chinesa.

9.1.1. Improvement measure
In order to increase the attractiveness of MAIS a course unit on Solar Physics is being finalized which will be proposed as option subject of MAIS (upon approval by the relevant scientific bodies of UC), leveraging the expertise of the Geophysical and Astronomical Observatory of UC and the extensive amount of solar data that is available at this Centre. This course will eventually run in modular format, notably including specific modules on magnetohydrodynamics, physics of the solar envelope, solar wind, etc. Some classes shall include analysis of observational data, obtained at various classes wavelengths. Note that the Solar Physics has received in the last 10 to 15 years special attention from the international community, since various missions have been approved by various space agencies around the world, such as the SOHO, SDO, STEREO and, more recently, the SMILE mission, shared between ESA and the Chinese Academy of Sciences.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida
alta; 1 a 2 anos (usando a capacidade prevista no DR de se poder alterar anualmente a lista de opções do curso).

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.
high; 1-2 years (using the capacity stated in the DR that allow the institution to annually change the list of optional subjects).

9.1.3. Indicadores de implementação
grau de satisfação dos alunos obtido através de inquéritos pedagógicos.

9.1.3. Implementation indicators
degree of student satisfaction obtained by educational surveys.

10. Proposta de reestruturação curricular (facultativo)

10.1. Alterações à estrutura curricular

10.1. Alterações à estrutura curricular

10.1.1. Síntese das alterações pretendidas*<sem resposta>***10.1.1. Synthesis of the intended changes***<no answer>***10.1.2. Nova estrutura curricular pretendida (apenas os percursos em que são propostas alterações)****Mapa XI****10.1.2.1. Ciclo de Estudos:****ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO****10.1.2.1. Study programme:****ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE****10.1.2.2. Grau:****Mestre****10.1.2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***10.1.2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***10.1.2.4 Nova estrutura curricular pretendida / New intended curricular structure**

| Área Científica / Scientific Area (0 Items) | Sigla / Acronym | ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS 0 | ECTS Optativos / Optional ECTS* 0 |
|--|-----------------|---|--------------------------------------|
| <i><sem resposta></i> | | | |

10.2. Novo plano de estudos**Mapa XII****10.2.1. Ciclo de Estudos:****ASTROFÍSICA E INSTRUMENTAÇÃO PARA O ESPAÇO****10.2.1. Study programme:****ASTROPHYSICS AND INSTRUMENTATION FOR SPACE****10.2.2. Grau:****Mestre****10.2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***10.2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***10.2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***<sem resposta>***10.2.4. Curricular year/semester/trimester:**

<no answer>

10.2.5 Novo plano de estudos / New study plan

| Unidades Curriculares / Curricular Units (0 Items) | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS | Observações / Observations (5) |
|--|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|
|--|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|

<sem resposta>

10.3. Fichas curriculares dos docentes

Mapa XIII

10.3.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

<sem resposta>

10.3.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):

<sem resposta>

10.3.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):

<sem resposta>

10.3.4. Categoria:

<sem resposta>

10.3.5. Regime de tempo na Instituição que submete a proposta (%):

<sem resposta>

10.3.6. Ficha curricular de docente:

<sem resposta>

10.4. Organização das Unidades Curriculares (apenas para as unidades curriculares novas)

Mapa XIV

10.4.1.1. Unidade curricular:

<sem resposta>

10.4.1.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

<sem resposta>

10.4.1.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

<sem resposta>

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

<sem resposta>

10.4.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

<no answer>

10.4.1.5. Conteúdos programáticos:

<sem resposta>

10.4.1.5. Syllabus:

<no answer>

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

<sem resposta>

10.4.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

<no answer>

10.4.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

<sem resposta>

10.4.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

<no answer>

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

<sem resposta>

10.4.1.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

<no answer>

10.4.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

<sem resposta>