

ACEF/1516/04537 — Guião para a auto-avaliação

Caracterização do ciclo de estudos.

A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:

Universidade Do Porto

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

A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Ciências (UP)

A3. Ciclo de estudos:

Astronomia

A3. Study programme:

Astronomy

A4. Grau:

Mestre

A5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (nº e data):

Diário da República 2a série, no 69, 09/04/2013; Despacho no 4880/2013

A6. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Astronomia

A6. Main scientific area of the study programme:

Astronomy

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):

441

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):

4 semestres

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

4 semesters

A10. Número de vagas proposto:

15

A11. Condições específicas de ingresso:

São admitidos para candidatura ao Segundo Ciclo de Estudos em Astronomia os detentores do grau de licenciado (mínimo de 180 créditos ECTS) ou equivalente legal, cujo plano de estudos inclua pelo menos 45 créditos ECTS de Matemática e de Física, incluindo um mínimo de 15 créditos ECTS em cada uma dessas áreas científicas. É ainda possível a admissão de detentores de um currículo escolar, científico ou profissional que seja reconhecido como atestando capacidade para realização deste ciclo de estudos pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). As condições de acesso e ingresso estão enquadradas pelo artigo 17º do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março, na redação dada pelo DL 115/2013 de 7 de agosto, sendo definidas especificamente pela UP sob proposta do Conselho Científico da FCUP, ouvida a Comissão Científica do Mestrado.

A11. Specific entry requirements:

Applicants to the Master in Astronomy must hold a first cycle degree (minimum of 180 ECTS credits), whose Study Plan includes at least 45 ECTS credits in mathematics and physics, including a minimum of 15 ECTS credits in each of these scientific areas. It is also possible the admission of holders of an academic, scientific or professional curriculum that is recognized, by the Scientific Council of the Faculty of Sciences of the University of Porto (FCUP), as attesting the capacity to accomplish this cycle of studies. Requirements for admission are according to Art. 17º of the Decreto-Lei n.º 74/2006, modified by DL 115/2013, and defined specifically by UP after a proposal from the Faculty of Sciences Scientific Council, and the MSc Scientific Committee.

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):

Não aplicável

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

Not applicable

A13. Estrutura curricular**Mapa I - Não aplicável.****A13.1. Ciclo de Estudos:**

Astronomia

A13.1. Study programme:

Astronomy

A13.2. Grau:

Mestre

A13.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Não aplicável.

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

*Not 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*
Astronomia/Astronomy	AST	102	0
Física/Physics	F	6	0
Ciências de Computadores/Física/Geologia/Matemática/Química / Computer Sciences/Physics/Geology/Chemistry/Mathematics	CC/F/G/M/Q	0	12
(3 Items)		108	12

A14. Plano de estudos**Mapa II - Astronomia - 1º Ano****A14.1. Ciclo de Estudos:***Astronomia***A14.1. Study programme:***Astronomy***A14.2. Grau:***Mestre***A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Astronomia***A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Astronomy***A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano***A14.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year***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)
Sistemas Planetários / Planetary Systems	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
O Sol e a Heliosfera / The sun and the Heliosphere	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Formação Estelar e Meio Circum-Estelar / Star Formation and Circum-stellar Medium	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Estrutura e Evolução Estelar / Stellar Structure and Evolution	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Astronomia Extragaláctica / Extragalactic Astronomy	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Cosmologia / Cosmology	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Análise de Dados em Astronomia / Data	AST	Semestral/Semiannual	162	TP - 42, PL -	6	Obrigatória/

Analysis in Astronomy			14		Compulsory
Espectroscopia e Fotometria em Astronomia / Spectroscopy and Photometry in Astronomy	AST	Semestral/Semiannual 162	TP - 14, PL - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Relatividade Geral / General Relativity	F	Semestral/Semiannual 162	TP - 42	6	Obrigatória/ Compulsory
Opção CC/F/G/M/Q / Option CC/F/G/M/Q	CC/F/G/M/Q	Semestral/Semiannual 162	-	6	Obrigatória/ Compulsory
(10 Items)					

Mapa II - Astronomia - 2º Ano

A14.1. Ciclo de Estudos:

Astronomia

A14.1. Study programme:

Astronomy

A14.2. Grau:

Mestre

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

Astronomia

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

Astronomy

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º Ano

A14.4. Curricular year/semester/trimester:

2nd Year

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)
Opção CC/F/G/M/Q / Option CC/F/G/M/Q	CC/F/G/M/Q	Semestral/Semiannual	162	-	6	Obrigatória/Compulsory
Dissertação/Estágio em Astronomia / Dissertation/Internship in Astronomy	AST	Anual/Annual	1485	OT - 40	54	Obrigatória/Compulsory
(2 Items)						

Mapa II - Astronomia - Opção CC/F/G/M/Q

A14.1. Ciclo de Estudos:

Astronomia

A14.1. Study programme:

Astronomy

A14.2. Grau:

Mestre

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

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

A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:
Opção CC/F/G/M/Q

A14.4. Curricular year/semester/trimester:
Option CC/F/G/M/Q

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)
Data Mining I / Data Mining I	CC	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Opcional / Optional
Programação Paralela / Parallel Programming	CC	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Opcional / Optional
Complementos de Física Estatística / Advanced Statistical Physics	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 49	6	Opcional / Optional
Física Não-linear / Nonlinear Physics	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Opcional / Optional
Mecânica Quântica Avançada / Advanced Quantum Mechanics	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 49	6	Opcional / Optional
Materiais e Dispositivos Óticos / Optical Materials and Devices	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 49	6	Opcional / Optional
Métodos Matemáticos da Física / Mathematical Methods in Physics	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 42	6	Opcional / Optional
Técnicas de Medida e Instrumentação / Measurement Techniques and Instrumentation	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 49	6	Opcional / Optional
Teoria Quântica de Campo / Quantum Field Theory	F	Semestral/Semiannual	162	TP - 49	6	Opcional / Optional
Geologia Global / Global Geology	G	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Petrogénese das Rochas Cristalinas / Petrogenesis of Crystalline Rocks	G	Semestral/Semiannual	162	T - 28, TP - 28	6	Opcional / Optional
Análise e Processamento de Imagem / Image processing and analysis	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Dinâmica de Fluidos Computacional / Computational Fluid Dynamics	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Equações em Derivadas Parciais / Partial Differential Equations	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Métodos Estatísticos em Data Mining / Statistical Methods in Data Mining	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Processos Estocásticos e Aplicações / Stochastic Processes and Applications	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Simulação e Computação Científica / Simulation and Scientific Computing	M	Semestral/Semiannual	162	TP - 56	6	Opcional / Optional
Química Computacional / Computational Chemistry	Q	Semestral/Semiannual	162	TP - 28, PL - 28	6	Opcional / Optional

(19 Items)

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)*Pedro Teixeira Pereira Viana (Diretor), Pedro Pina Avelino, Catarina Gasparinho Godinho Lobo*

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****A17.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:**

<sem resposta>

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.*Ainda não houve estudantes a optar por realizar um Estágio em Astronomia, em vez de encetar trabalho conducente a uma Dissertação em Astronomia. Caso tal venha a acontecer, o Diretor do ciclo de estudos contactará instituições onde um Estágio em Astronomia possa ser feito, nomeadamente o Observatório Europeu do Sul (ESO - European Southern Observatory), do qual Portugal é membro. O Diretor do ciclo de estudos ficará responsável por acompanhar o progresso do(s) estudante(s) no(s) seu(s) estágio(s).***A17.3. Indication of the institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods.***There have been no students choosing to undertake an Internship in Astronomy, instead of starting work towards a Dissertation in Astronomy. Should this happen, the Director of the cycle of studies will contact institutions where an Internship in Astronomy can be done, such as the European Southern Observatory (ESO), of which Portugal is a member. The Director of the cycle of studies will be responsible for monitoring the progress of the student(s) in the internship(s).*

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 / 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:

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP)

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

[A19._Regulamento_creditaçao_formacao_experiencia_profissional.pdf](#)

A20. Observações:

1. Descrição sumária da organização do 2o Ciclo de estudos em Astronomia:

o plano de estudos integra (a) uma parte curricular, que constitui um curso de especialização, denominado Curso de Mestrado em Astronomia, e (b) uma dissertação de natureza científica, original e especialmente realizada para este fim, ou um estágio de natureza profissional objeto de relatório final, a que correspondem, respetivamente, (a) 66 e (b) 54 do total dos 120 créditos ECTS associados ao ciclo de estudos;

o 1o ano do plano de estudos consiste de 10 UCs, sendo que 9 são obrigatórias (áreas científicas: 8 em Astronomia; 1 em Física), e 1 é opcional, a escolher pelos estudantes de entre aquelas que constam da lista de UCs de opção fixada no plano de estudos (áreas científicas: CC/F/G/M/Q);

o 2o ano do plano de estudos consiste de 2 UCs, sendo que 1 é obrigatória (Dissertação/Estágio em Astronomia), e 1 é opcional, a escolher pelos estudantes de entre aquelas que constam da mesma lista de UCs de opção mencionada no ponto anterior;

o estudante pode escolher para UC de opção, quer no 1o quer no 2o anos do CE, uma UC que não conste da lista de UCs de opção fixada no plano de estudos, desde que tal seja aprovado pela Comissão Científica do CE em resultado da justificação apresentada.

2. Do plano de estudos do 2o Ciclo em Astronomia, publicado em Diário da República, consta uma lista de UCs de opção que contém 19 UCs, as mesmas que aparecem no terceiro mapa associado ao campo A14. No entanto, 3 dessas UCs nunca chegaram a estar em funcionamento, nomeadamente Programação Paralela (CC), Petrogénese das Rochas Cristalinas (G) e Dinâmica de Fluidos Computacional (M). Consequentemente, as fichas curriculares respetivas não foram objeto de inserção no campo 6.2.1. As UCs em questão serão removidas do plano de estudos do 2o Ciclo em Astronomia na sua próxima revisão.

3. Do plano de estudos do 2o Ciclo em Astronomia, publicado em Diário da República, constam aulas do tipo P (prática) associadas a algumas UCs. Dado que a denominação utilizada, quer pela A3ES neste formulário, quer atualmente pela UP, para este tipo de aulas é PL (prática-laboratorial) optou-se por utilizar apenas a denominação PL no preenchimento deste formulário. A alteração da terminologia P para PL será feita na próxima revisão do plano de estudos do 2o Ciclo em Astronomia.

4. Os dados dos campos 5.1.1.1 e 5.1.1.2 dizem respeito a 2014/2015, e incluem 2 estudantes apenas inscritos

em Dissertação / Estágio em Astronomia, e 1 estudante inscrito no CE ao abrigo do acordo de Duplo-Grau Luso-Françês para o Mestrado em Astronomia entre a Universidade do Porto e a Université Paul Sabatier-Toulouse III, França.

5. Os dados do campo 5.1.2 dizem respeito a 2015/2016.

6. Os dados do campo 7.1.1. dizem respeito aos anos de 2012 (2011/2012), 2013 (2012/2013) e 2014 (2013/2014).

7. Os dados do campo 7.1.4. dizem respeito à situação de emprego em 2015, dos estudantes que se diplomaram em 2012, 2013 e 2014.

A20. Observations:

1. Brief description of the organization of the 2nd Cycle of studies in Astronomy:

The plan of studies includes (a) a curricular component, which constitutes a specialization course called Master Course in Astronomy, and (b) a scientific dissertation, unique and especially made for this purpose, or a professional internship, with its associated final report, to which correspond, respectively, (a) 66 and (b) 54 of the total 120 ECTS credits associated with the cycle of studies;

the first year of the plan of studies consists of 10 UCs, being 9 compulsory (scientific areas: 8 in Astronomy; 1 in Physics), and 1 optional, to be chosen by students among those on the list of optional UCs specified in the plan of studies (scientific areas: CC/F/G/M/Q);

the second year of the plan of study consists of 2 UCs, being 1 mandatory (Dissertation/Internship in Astronomy), and 1 optional, to be chosen by students from among those appearing on the same list of optional UCs mentioned in the previous point;

the student can choose as an optional UC, either in the 1st or in the 2nd year of the CE, an UC that is not on the list of optional UCs specified in the plan of studies, provided it is approved by the Scientific Committee of the cycle of studies as a result of the justification provided.

2. The plan of studies of the 2nd Cycle in Astronomy, published in the Official Journal, includes a list of optional UCs that contains 19 UCs, the same that appear in the third map associated with the A14 field. However, three of these UCs never came to be in operation, including Parallel Programming (CC), Petrogenesis of Crystalline Rocks (G) and Computational Fluid Dynamics (M). Consequently, the respective curriculum files were not inserted in field 6.2.1. The UCs in question will be removed from the plan of studies of the 2nd Cycle in Astronomy in its next review.

3. The plan of studies of the 2nd Cycle in Astronomy, published in the Official Journal, includes classes of type P (practical) associated with some UCs. Since the name used both by A3ES in this form, and currently by UP, for this type of classes is PL (practical-laboratorial) it was decided to use only the PL denomination in completing this form. The change in terminology from P to PL will be made in the next revision of the plan of studies of the 2nd Cycle in Astronomy.

4. The data inserted in fields 5.1.1.1 and 5.1.1.2 relate to 2014/2015, and include 2 students only enrolled in Dissertation / Internship in Astronomy, and 1 student enrolled in the CE under the Dual-Degree Portuguese-French agreement for the Masters in Astronomy between the University of Porto and the Université Paul Sabatier-Toulouse III, France.

5. The data in field 5.1.2 relate to 2015/2016.

6. The data in field 7.1.1 relate to the years 2012 (2011/2012), 2013 (2012/2013) and 2014 (2013/2014).

7. The data in field 7.1.4 relate to the employment situation in 2015, of the students that graduated in 2012, 2013 and 2014.

1. Objetivos gerais do ciclo de estudos

1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos.

Fornecer conhecimentos aprofundados em Astronomia, adquiridos com recurso à atividade de investigação, de inovação ou de aprofundamento de competências profissionais, e assim proporcionar as seguintes competências fundamentais:

- Capacidade de compreensão e de resolução de problemas em situações novas ou em contextos alargados e multidisciplinares, para a prática da investigação ou para o exercício de uma atividade profissional

especializada;

- *Capacidade para integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, incluindo reflexões sobre as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem dessas soluções e desses juízos ou os condicionem;*
- *Capacidade de comunicar - a especialistas e a não especialistas - as suas conclusões, conhecimentos e raciocínios a elas subjacentes, de forma clara e sem ambiguidades;*
- *Capacidade de desenvolver uma aprendizagem autónoma ao longo da vida.*

1.1. Study programme's generic objectives.

Provide in-depth knowledge in Astronomy, acquired using research and innovation activities or the development of professional skills, and thus provide the following core competencies:

- *Ability to understand and solve problems in new situations or in a broad multidisciplinary context, for the practice of research or the exercise of a specialized profession;*
- *Ability to integrate knowledge, handle complex issues, develop solutions and make judgments on limited or incomplete information situations, including ability to reflect on the implications and on the ethical and social responsibilities that either result from those solutions and those judgments or that condition them;*
- *Ability to communicate - to specialists and to non-specialists – one's conclusions, knowledge and underlying reasoning, in a clear and unambiguous way;*
- *Ability to develop autonomous learning throughout life.*

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

A FCUP é uma instituição devotada à criação, transmissão e difusão da ciência, da tecnologia e da cultura. Seguindo padrões de qualidade de nível internacional no ensino e na investigação, a FCUP contribui para o prestígio da UP a nível nacional e internacional, assumindo-se como escola de referência integrada no tecido social e económico que a rodeia.

A FCUP é, na UP, a escola onde se centra o ensino e a investigação, fundamental ou aplicada, nas áreas das ciências exatas e naturais, estendendo a sua intervenção a áreas pluri e interdisciplinares, incluindo as de cariz tecnológico, relacionadas com aquelas.

A área científica da Astronomia é, por excelência, multidisciplinar, dada a natureza dos processos que se propõe estudar e dos problemas que se propõe resolver. É igualmente uma área que exerce um fascínio natural na sociedade em geral e motiva grande curiosidade, servindo muitas vezes como veículo para aprendizagem e desenvolvimento da ciência e tecnologia, e divulgação da ciência em geral. A abordagem aos problemas e as escalas e objetos em estudo na Astronomia motivam uma aprendizagem robusta e flexível que prepara os estudantes para o mercado generalizado de trabalho. De acordo com seus objetivos pedagógicos e científicos, o CE pretende proporcionar uma formação solidamente ancorada na investigação de excelência que caracteriza a Universidade do Porto. Contribui, assim, para a formação científica, técnica e cultural dos estudantes, promovendo ainda a valorização social e económica do conhecimento e o progresso da sociedade, indo por isso totalmente ao encontro dos objetivos gerais da Universidade do Porto.

Por outro lado, os objetivos do Mestrado em Astronomia contribuem diretamente para a prossecução dos fins da FCUP:

- *Ministrar formação de nível superior nas suas áreas disciplinares de conhecimento;*
- *Promover a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico nas áreas científicas da sua competência;*
- *Promover a divulgação da atividade científica junto da sociedade em geral;*
- *Promover a integração do conhecimento em soluções tecnologicamente inovadoras, em colaboração com a sociedade e os agentes económicos.*

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

FCUP is an institution devoted to the creation, transmission and dissemination of science, technology and culture. Following quality standards of international level in teaching and research, FCUP contributes to the national and international prestige of UP, as a reference school integrated in the surrounding social and economic environment.

FCUP is, within UP, the most focused school in both fundamental and applied scientific teaching and research, extending its intervention to multi and interdisciplinary areas.

The scientific field of astronomy is, by excellence, multidisciplinary, given the nature of the processes that are studied and the problems to be solved. It is also an area that naturally fascinates society in general and motivates great curiosity, often serving as a vehicle for the learning and development of science and technology, and the dissemination and popularization of science in general. The approach to the problems and the scales and objects under study in astronomy motivate robust and flexible learning that prepares students for the general labor market. According to its pedagogical and scientific objectives, the course aims to provide training solidly anchored in the research of excellence that characterizes the University of Porto. It thus contributes to the scientific, technical and cultural development of students, promoting as well the social and economic values of knowledge and the progress of society, and so fully meeting the overall objectives of the University of Porto.

Furthermore, the objectives of the Masters in Astronomy directly contribute to the achievement of the purposes of FCUP:

- *To provide higher level training in its areas of expertise;*
- *To promote scientific research and technological development in the scientific areas under its scope;*
- *To promote the dissemination of scientific activities in the society;*
- *To promote the integration of knowledge in technologically innovative solutions in collaboration with society and the economic agents.*

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

Os objetivos do Mestrado em Astronomia são amplamente divulgados:

- *nos websites das instituições envolvidas no ciclo de estudos: Sigarra (FCUP); Estudar Astronomia na U.Porto (do Departamento de Física e Astronomia, DFA); Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, CAUP, e Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, IA (sob o item Formação);*
- *na reunião anual de acolhimento dos novos estudantes pelo diretor do CE, nas reuniões intercalares do diretor do CE com os estudantes membros da Comissão de Acompanhamento (a pedido de qualquer uma das partes) e através do contato direto que os docentes mantêm com os estudantes (nas atividades curriculares e noutras ocasiões);*
- *em sessões anuais com estudantes potencialmente candidatos ao Mestrado (no decorrer dos Dias Abertos da FCUP; nas atividades da Universidade Junior; no Dia da Astronomia na U.Porto, no CAUP) e em sessões anuais com estudantes e docentes do Mestrado no Dia dos Estudantes @ CAUP.*

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

The objectives of the MSc in Astronomy are widely disseminated in different ways:

- *at the websites of the institutions involved in this study programme: Sigarra (FCUP); Estudar Astronomia na U.Porto (of the Department of Physics and Astronomy, DFA); Centre for Astrophysics of the University of Porto, CAUP, and the Institute of Astrophysics and Space Sciences, IA (under the item Training);*
- *at the annual welcome meeting for the new students convened by the director of the CE, in mid-term meetings between the director of the CE and the students members of the Monitoring Committee (held by request of either party) and through the direct contact that lecturers maintain with students (during curricular activities and other);*
- *in annual meetings held with potential candidate students to the MSc (during the FCUP Open Days; at the activities of the University Junior; at the Astronomy Day at U.Porto, at CAUP) and an annual sessions with MSc students and lecturers at the Students Day @ CAUP.*

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 CE tem um Diretor (um prof. nomeado pelo Diretor da FCUP, ouvido o DFA), uma Comissão Científica (CC; constituída pelo Diretor do CE e dois doutorados designados pelo Diretor do CE, ouvido o presidente do DFA) e uma Comissão de Acompanhamento (constituída pelo Diretor do CE, um docente eleito pela CC-DFA e dois discentes eleitos pelos estudantes).

Compete ao Diretor assegurar o funcionamento do CE e zelar pela sua qualidade, para além das funções explicitadas nos estatutos da FCUP.

Compete à CC promover a coordenação curricular, elaborar o regulamento do CE, pronunciar-se sobre a organização/alteração do plano de estudos, necessidades de serviço docente e vagas.

A Comissão de Acompanhamento compete verificar o funcionamento do CE e elaborar propostas de melhoria. A revisão de conteúdos das UCs é feita por iniciativa da CC ou dos docentes responsáveis pelas UCs, sob supervisão do Diretor.

A distribuição de serviço é proposta pelo diretor do CE ao Conselho Científico da FCUP via DFA.

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 MSc has a Director (one prof. appointed by FCUP's Director, after consulting the DFA), a Scientific Commission (SC; constituted by the MSc Director and two PhDs appointed by the MSc Director, after hearing the President of the DFA) and a Monitoring Committee (constituted by the MSc Director, one PhD elected by DFA-CC and two students elected by students).

The MSc Director must ensure the functioning and quality of the course, in addition to the functions defined in the statutes of FCUP.

The SC must promote the curricular coordination; prepare and submit the course regulations; discuss the organization/changes to the curriculum, teaching staff needs, students' entry requirements and numerous clausus.

The Monitoring Committee must verify the regular functioning of the course.

The revision of the curricular units is made by the CC or the responsible teachers, and supervised by the Director. Teaching duties distribution is proposed by the Director to FCUP Scientific Council, via DFA.

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.

Os docentes de Astronomia conversam regularmente - quase diariamente, informalmente, ou em reuniões aquando da preparação da distribuição de serviço docente -, discutindo o funcionamento e a qualidade do CE, em particular a melhoria contínua do ensino-aprendizagem ao nível das unidades curriculares (UCs) individuais. A Comissão Científica é consultada para todas as propostas de funcionamento do CE, inclusive para a nomeação de orientadores e júris, ouvidos os docentes envolvidos nas propostas.

Sendo poucos os docentes e discentes, a proximidade é grande e ocorre naturalmente - os estudantes são usualmente auscultados num processo de avaliação e melhoria contínua das UCs.

A Comissão de Acompanhamento é consultada regularmente e é-lhe pedida a elaboração de propostas concretas de melhoria e correção de deficiências.

De forma mais geral, participa também o Conselho Pedagógico da FCUP, nomeadamente através da organização dos inquéritos pedagógicos, que são objeto de reflexão atenta.

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.

Astronomy lecturers talk regularly among themselves (almost daily, informally, or in meetings at the time of preparation of the distribution of teaching duties), discussing the functioning and quality of the EC, in particular the continuous improvement of teaching and learning at the level of the individual lectures (UCs). The Scientific Committee is consulted for all proposals involving the functioning of the course, including the appointment of supervisors (that are consulted) and juries.

As lecturers and students are few, the proximity is large and occurs naturally - students are usually heard in a process contributing to the continuous evaluation and improvement of UCs.

The Monitoring Committee is consulted regularly and asked to provide concrete proposals for improvement and correction of deficiencies.

More generally, the Pedagogical Council of FCUP also participates, namely by organizing pedagogical inquiries, which are subject of attentive reflection.

2.2. Garantia da Qualidade

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

A FCUP utiliza a plataforma Sigarra para divulgar a organização, objetivos, conteúdos e funcionamento dos seus CEs e UCs. Antes do início do ano letivo os docentes introduzem as fichas das UCs que o diretor valida ou rejeita. Uma vez validada, a ficha fica visível para os estudantes. O Sigarra é também utilizado para acompanhar o funcionamento regular das UCs (através dos sumários) e para partilhar com os estudantes materiais de apoio aos conteúdos lecionados e preparação de projetos. Esta plataforma constitui assim uma ferramenta importante para a CC monitorizar o funcionamento do CE e garantir a sua qualidade. A presença dos Júris de Exame, relativos a cada UC, nas avaliações orais é habitual, alargando a discussão sobre procedimentos e conteúdos. Os resultados dos inquéritos pedagógicos são alvo de reflexão atenta. Finalmente, a FCUP segue, na avaliação contínua da qualidade dos seus CEs, o estabelecido no "Manual do Sistema de Gestão da Qualidade da Universidade do Porto".

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

FCUP uses the Sigarra platform to publicize the organization, objectives, contents and functioning of its CEs and lectures (UCs). Before the beginning of the academic year, teachers introduce the information on the UC's, that the Director validates or rejects. Once validated, the form becomes visible to the students. Sigarra is also used to monitor the smooth functioning of the UCs (through the summaries) and to share with students all the supporting material (on lectured topics and for projects). This platform is thus an important tool for the CC to monitor the operation of the CE and ensure its quality. The presence of the Exam Juries, for each UC, in oral assessments is current, allowing for a wider discussion of procedures and contents. The results of the pedagogical inquiries are subject of careful reflection.

Finally, FCUP follows, in the continuous assessment of the quality of its study cycles, the "Handbook of the Quality Management System of the University of Porto".

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

O responsável máximo pela implementação dos mecanismos de garantia de qualidade é o Diretor da Faculdade de Ciências. O responsável pela implementação destes mecanismos, ao nível do CE, é o Diretor do CE, coadjuvado pela Comissão Científica, que tem a seu cargo toda a coordenação estratégica, científica, operacional e pedagógica ao nível do CE.

As responsabilidades de garantia da qualidade agregam ainda:

- o Conselho Científico da FCUP que, identificando questões científicas, pode propor alterações;

- o Conselho Pedagógico que avalia as questões pedagógicas;
- os diversos serviços da FCUP.

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

The main responsible for the implementation of the quality assurance mechanisms is the Dean of FCUP. The person responsible for the implementation and monitoring of these mechanisms, at the level of the cycle of studies, is the Director of the cycle of studies, assisted by the Scientific Committee of the cycle of studies, which is responsible for all strategic, scientific, educational and operational coordination at the level of the cycle of studies.

The quality assurance responsibilities also comprise:

- the Scientific Council of FCUP that can identify scientific issues and propose amendments;
- the Pedagogical Council that assesses pedagogical issues;
- the various services of FCUP.

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

No sentido de promover a contínua melhoria e atualização do ciclo de estudos, a Comissão Científica e os docentes envolvidos na lecionação discutem regularmente assuntos relevantes para o funcionamento do ciclo de estudos, partilhando informações e acompanhando o desenrolar do ano académico ao nível das diferentes unidades curriculares. A Comissão de Acompanhamento é igualmente ouvida. Este processo de auscultação é uma ferramenta essencial para avaliar, anualmente, a necessidade de propor alterações ao nível da estrutura curricular do ciclo de estudos, bem como dos seus conteúdos e modelo de funcionamento, cabendo a decisão final à Comissão Científica do ciclo de estudos.

Ainda em conformidade com os procedimentos previstos no "Manual do Sistema Gestão da Qualidade da Universidade do Porto", os inquéritos pedagógicos e os relatórios das unidades curriculares, em particular, são também outros dos elementos de recolha de informação e avaliação do ciclo de estudos.

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

In order to promote continuous improvement and updating of the cycle of studies, the Scientific Committee and the teachers involved regularly discuss issues relevant to the functioning of the course, sharing information and following the development of the academic year within the various lectures. The Monitoring Committee is also heard. This consultation process is an essential tool to assess, annually, the need to introduce changes to the curricular structure of the cycle of studies, as well as to its contents and operating model, with the final decision taken by the the Scientific Committee of the cycle of studies.

Still, and also in accordance with the procedures reported in the "Handbook of the Quality Management System of the University of Porto", the pedagogical inquiries and lectures reports, in particular, are also other elements used to collect information and to evaluate the cycle of studies.

2.2.4. Link facultativo para o Manual da Qualidade

http://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=11964&pv_cod=48xraFgb5Ykp

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

Os resultados das avaliações, formais ou informais, do ciclo de estudos são discutidos no seio da Comissão Científica, sendo feitos ajustes e alterações sempre que considerado de interesse para a melhoria da qualidade e do funcionamento geral do ciclo de estudos. Os resultados relativos a unidades curriculares individuais são discutidos com os docentes e, sempre que considerados de interesse para a qualidade do ciclo de estudos, utilizados na melhoria dos conteúdos e/ou do funcionamento de cada unidade. Os resultados dos inquéritos pedagógicos são igualmente alvo de reflexão por parte da comissão Científica bem como de todos os docentes. De referir que o Mestrado em Astronomia está a ser pela primeira vez objeto de avaliação externa.

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

The results of formal and informal evaluations of the cycle of studies are discussed within the Scientific Committee, and adjustments and changes are made whenever considered important for improving the quality and overall functioning of the cycle of studies. The results issued for the individual lectures are discussed with lecturers and, whenever considered important, included in the updating of the syllabus and of the learning process. The results of the pedagogical inquiries are also subject to consideration by the Scientific Committee and by all lecturers.

It should be noted that it is the first time that the Master in Astronomy is subject to external evaluation.

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

No âmbito da avaliação institucional pela EUA, a Universidade do Porto procedeu em 2008 a uma autoavaliação das suas Faculdades, que conduziu ao Relatório disponível no portal da U.Porto (o relatório da avaliação da EUA está disponível no seguinte endereço: http://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=1001375&pct_parametros=p_pagina=1001375&pct_grupo=4216&pct_grupo=1585#1585).

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

Within the institutional evaluation by the EUA, the University of Porto undertook in 2008 a selfassessment

of its faculties, which led to the report available at the website of University of Porto (the evaluation report of the EUA is available at: http://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=1001375&pct_parametros=p_pagina=1001375&pct_grupo=4216&pct_grupo=1585#1585).

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)
Espaços comuns da FCUP/Common spaces of FCUP:	0
Anfiteatros de uso comum/ Amphitheaters	2270
Salas de aula de uso comum/Classrooms	2290
Bibliotecas/Libraries	1190
Salas de informática uso comum/Common use Computer rooms	390
Salas de estudo/Study Rooms	580
Outros (bares, restaurante)/Other (bars,restaurants)	760
Os estudantes tem acesso a salas específicas para estudantes de mestrado no edifício da Matemática e ao espaço de trabalho e estudo geral para estudantes na FCUP/ The students have access to dedicated study rooms for master students in the Mathematics building and space for working and study available to all FCUP students.	0
Aos estudantes que desenvolvem o seu projecto de dissertação de mestrado no CAUP também é dado o acesso a espaço de trabalho/ For students developing their dissertation project at CAUP, access to work space and equipment is also available.	0

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
Computadores de uso comum/Computers	120
Material de uso comum:/Other material:	0
Quadro Interactivo (anfiteatro M005)/ Interactive Whiteboards	1
Retroprojectores móveis/Portable overhead projectors	25
Retroprojectores fixos/Fixed overhead projectors	6
Projectores Multimédia/Multimedia projectors	20
No edifício da Matemática existe uma sala para utilização dos estudantes de mestrado com equipamento informático próprio.	0
Aos estudantes que desenvolvam o seu projecto de dissertação de mestrado no CAUP é dado acesso à infra-estrutura computacional do CAUP. Tal inclui os computadores centrais de cálculo e software específico de astronomia bem como o equipamento geral de apoio.	0

3.2 Parcerias

3.2.1 Parcerias internacionais estabelecidas no âmbito do ciclo de estudos.

A FCUP, através da UP, tem desenvolvido parcerias internacionais com instituições de ensino e investigação que estimulam a mobilidade, visando um intercâmbio de experiências enriquecedor do ponto de vista científico, cultural e humano. Estes programas permitem a frequência de UCs e/ou realização de trabalho de investigação nessas universidades. No âmbito do programa Erasmus Mundus, por exemplo, dois estudantes indianos estiveram a frequentar o Mestrado em Astronomia em 2013/2014 por intermédio do programa India4EU. Destacamos ainda o acordo de Duplo-Grau Luso-Francês estabelecido entre a UP e a Université Paul Sabatier-Toulouse III, França, onde existe o Master Sciences, Technologie, Santé - mention Physique et Astrophysique. O

estudante nesta via frequentará um ano escolar de mestrado em cada Universidade, obtendo no final da formação o grau de Mestre pelas duas Universidades. Nos últimos quatro anos letivos três estudantes optaram por esta via.

3.2.1 International partnerships within the study programme.

Through UP, FCUP has developed partnerships with international institutions in the areas of teaching and research that encourage mobility, and aim at allowing the exchange of experiences enriching the scientific, cultural and human view.

These programs allow the frequency of disciplines and/or conducting research work at these universities. In the framework of the Erasmus Mundus Program, for instance, two Indian students attended the Master in Astronomy in 2013/2014 through the India4EU program.

We also highlight the Portuguese-French Double-Degree established between UP and the Université Paul Sabatier-Toulouse III, France, where there is the Master in Sciences, Technologie, Santé - mention Physique et Astrophysique. Under this agreement, a student will attend one school year of the master's degree in each University, obtaining at the end of his training a Master's degree by the two Universities. In the last four academic years, three students chose this route.

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.

Através da investigação que desenvolvem no IA/CAUP, os docentes de Astronomia estão envolvidos em colaborações nacionais e internacionais, sendo membros ativos de consórcios e projetos em várias áreas de Astronomia e Astrofísica. Assim, quer ao longo das aulas, quer por meio dos seminários regulares, cursos avançados, workshops/conferências e visitas de colaboradores externos à UP (que decorrem maioritariamente no IA/CAUP), os estudantes são encorajados a participar nas atividades abertas, sendo regularmente expostos a um variado leque de pessoas e projetos associados a instituições de investigação e ensino superior nacional e internacional. Tal reflete-se principalmente nas dissertações orientadas quer em colaboração quer totalmente realizados em instituições externas à UP (por exemplo, Universidades e centros de Investigação em Lisboa, Aveiro, Coimbra), sendo os estudantes frequentemente integrados nos projetos de investigação para os quais os orientadores contribuem.

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 lecturers in Astronomy, being researchers at IA/CAUP, are widely involved in national and international collaborations and are active members of consortia and projects in various fields of Astronomy and Astrophysics. Thus, whether during classes or through regular seminars, advanced courses, workshops/conferences and visits of external collaborators to the UP (mainly taking place at IA/CAUP), students are encouraged to participate in all open activities, being regularly exposed to a wide range of people and projects from national and international research institutions and universities. In particular, this is reflected in the dissertations done either in collaboration or even totally developed in institutions external to the UP (for example, Universities and research centers of Lisbon, Aveiro, Coimbra), where students are often integrated in the research projects to which the respective supervisors contribute.

3.2.3 Colaborações intrainstitucionais com outros ciclos de estudos.

A maioria dos estudantes do 2o Ciclo em Astronomia completa antes o 1o Ciclo em Astronomia, e muitos ingressam depois no 3o Ciclo em Astronomia. O 2o Ciclo em Astronomia tem unidades curriculares partilhadas com vários 2os ciclos de estudo da FCUP, em especial com os 2os Ciclos em Física e Matemática, mas também com os 2os Ciclos em Ciências de Computadores, Geologia e Química, bem como com o Mestrado Integrado em Engenharia Física. Os estudantes de Astronomia partilham também atividades com estudantes destes outros ciclos de estudos, organizadas ao nível da FCUP, DFA e CAUP. Existe forte ligação ao CAUP, tanto na vertente científica - é onde a maior parte dos estudantes realiza a sua dissertação, ou parte dela - como na divulgação - o CAUP promove várias atividades de divulgação que contam com a participação ativa dos estudantes de Astronomia.

3.2.3 Intrainstitutional collaborations with other study programmes.

Most students of the 2nd cycle in Astronomy complete before the 1st cycle in Astronomy, and many enter the 3rd cycle in Astronomy afterwards. The 2nd cycle in Astronomy has lecture courses in common with several other 2nd cycles of study in FCUP, especially with the 2nd cycles in Physics and Mathematics, but also with the 2nd cycles in Computer Science, Geology and Chemistry, as well as with the Master in Engineering Physics. The Astronomy students also share activities with students of these other cycles of studies, organized at FCUP, DFA and CAUP. There is a strong connection to CAUP, either scientific - since it is where most students develop their dissertation, or part of it - as in the framework of popularization - CAUP promotes various outreach activities that count with the active participation of Astronomy students.

4. Pessoal Docente e Não Docente

4.1. Pessoal Docente

4.1.1. Fichas curriculares

Mapa VIII - Pedro Teixeira Pereira Viana

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

Pedro Teixeira Pereira Viana

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Catarina Gasparinho Godinho Lobo

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

Catarina Gasparinho Godinho Lobo

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Augusto da Silveira Rodrigues

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

Augusto da Silveira Rodrigues

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Carla Susana Santana Carmelo Rosa****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Carla Susana Santana Carmelo Rosa***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 Borregana Lopes dos Santos****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João Manuel Borregana Lopes dos Santos***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 - Joaquim Agostinho Gomes Moreira****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Joaquim Agostinho Gomes Moreira***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 Pedro Trancoso Gomes Rosa

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

João Pedro Trancoso Gomes Rosa

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar convidado ou equivalente

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

18,8

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - José Manuel Monteiro Moreira

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

José Manuel Monteiro Moreira

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Jorge Tiago Almeida Páramos

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

Jorge Tiago Almeida Páramos

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

4.1.1.4. Categoria:

Professor Auxiliar 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 - José Miguel do Carmo Nunes da Silva

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

José Miguel do Carmo Nunes da Silva

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Orfeu Bertolami Neto

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

Orfeu Bertolami Neto

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Carlos Miguel de Menezes****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Carlos Miguel de Menezes***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Fernando Manuel Pereira de Noronha****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Fernando Manuel Pereira de Noronha***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 - Inês de Castro Dutra****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Inês de Castro Dutra***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 José de Faria Graça Afonso Lima****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João José de Faria Graça Afonso Lima***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>*

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 - Joaquim Fernando Pinto da Costa****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Joaquim Fernando Pinto da Costa***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 Filipe da Silva Gameiro****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Jorge Filipe da Silva Gameiro***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):***<sem resposta>***4.1.1.3 Unidade Orgânica (preencher apenas quando diferente da unidade orgânica mencionada em A2.):***<sem resposta>***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 Natália Dias Soeiro Cordeiro****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Natália Dias Soeiro Cordeiro***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro

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

Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Nuno Miguel Cardoso Santos

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

Nuno Miguel Cardoso Santos

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Rute Alexandra Borges de Almeida

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

Rute Alexandra Borges de Almeida

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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 - Sílvia Marques de Almeida Gama

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

Sílvia Marques de Almeida Gama

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

<sem resposta>

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

<sem resposta>

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](#)

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
Pedro Teixeira Pereira Viana	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Catarina Gasparinho Godinho Lobo	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Augusto da Silveira Rodrigues	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Carla Susana Santana Carmelo Rosa	Doutor	Física	100	Ficha submetida
João Manuel Borregana Lopes dos Santos	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Joaquim Agostinho Gomes Moreira	Doutor	Física	100	Ficha submetida
João Pedro Trancoso Gomes Rosa	Doutor	Física Teórica	18.8	Ficha submetida
José Manuel Monteiro Moreira	Doutor	Física do Estado Sólido	100	Ficha submetida
Jorge Tiago Almeida Páramos	Doutor	Física	100	Ficha submetida
José Miguel do Carmo Nunes da Silva	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida

Orfeu Bertolami Neto	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida
Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha	Doutor	Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal	Doutor	Deteção Remota e Processamento de Imagem	100	Ficha submetida
Carlos Miguel de Menezes	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Pereira de Noronha	Doutor	Geologia- Geologia Económica	100	Ficha submetida
Inês de Castro Dutra	Doutor	Ciência de Computadores	100	Ficha submetida
João José de Faria Graça Afonso Lima	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Joaquim Fernando Pinto da Costa	Doutor	Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Jorge Filipe da Silva Gameiro	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Maria Natália Dias Soeiro Cordeiro	Doutor	Química Teórica	100	Ficha submetida
Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Cardoso Santos	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Rute Alexandra Borges de Almeida	Doutor	Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Sílvio Marques de Almeida Gama	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
			2318.8	

<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:	23	99,19

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):	23.19	100,01

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):	14.19	61,2
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:	20	86,25
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

Segundo o artigo 74o -A do Estatuto da Carreira Docente Universitária, Decreto-Lei n.º 205/2009, de 31 de Agosto, os docentes estão sujeitos a um regime de avaliação de desempenho; na FCUP o regulamento específico é indicado no ponto seguinte.

Embora com as limitações da reduzida amostragem, os resultados dos inquéritos pedagógicos bem como as indicações das Comissões Científica e de Acompanhamento são também utilizados para detetar eventuais lacunas.

Os docentes envolvidos no CE mantêm-se atualizados, do ponto de vista científico, através da sua participação como investigadores em centros de investigação da Universidade do Porto (como IA, CFP, LAQV-REQUIMTE, IFIMUP-IN, INESC, e outros). Tal é ainda atestado pelo grande número de publicações científicas dos últimos anos ou pela ampla participação e organização de congressos científicos nacionais e internacionais. Em particular, na área científica predominante deste CE - Astronomia -, os docentes são todos membros do Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, CAUP, (Associação), que alberga a antiga unidade de investigação FCT com o mesmo nome (CAUP), avaliada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, FCT, com a classificação máxima nos exercícios de avaliação de 2002 e 2007. Esta unidade fundiu-se recentemente com o Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa (CAAUL), dando origem ao Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, IA, classificado como Excelente no último exercício de avaliação da FCT (2013) e referida como "a instituição de investigação mais importante em Portugal na área da Astronomia e Ciências Espaciais" pelo painel de avaliação internacional. O IA é atualmente o maior centro de investigação em Astrofísica e Ciências Espaciais em Portugal, sendo responsável por mais de dois terços da produtividade nacional em revistas internacionais ISI na área de Ciências Espaciais. Esta é a área científica com maior fator de impacto relativo (1,65 vezes acima da média internacional) e o campo com o maior número médio de citações por artigo para Portugal.

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

According to article 74-A, from the University Teaching Career Statute, Decree-Law n.º 205/2009, of 31 August, lecturers are subject to a regime of performance evaluation; at FCUP, the specific regulation is indicated below. Notwithstanding the poor sampling, the results of the pedagogical inquiries, as well as the recommendations from both the Scientific and Monitoring Committees are also taken into account.

The academic staff involved in the 2nd Cycle in Astronomy keeps up to date, from a scientific point of view, through their participation as researchers in the University of Porto research centers (such as IA, CFP, LAQV-REQUIMTE, IFIMUP-IN, INESC, and others). This constant updating is also evidenced by the large number of scientific publications in recent years or by the large participation and organization of national and international scientific conferences. In particular, in what regards the prevailing scientific area of this cycle of studies - Astronomy -, the lecturers are all members of the Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, CAUP, (Association), which hosts the former FCT research unit with the same name (CAUP), evaluated by the Fundação para a Ciência e a Tecnologia, FCT, with the top rating in 2002 and 2007. This unit has recently merged with the Centre for Astronomy and Astrophysics of the University of Lisbon (CAAUL) to yield the Institute of Astrophysics and Space Sciences, IA, classified as Excellent in the last assessment by the FCT (2013) and referred to as "the most important research institution in Portugal in the area of Astronomy and Space Sciences" by the international evaluation board. IA is currently the largest research center in Astrophysics and Space Sciences in Portugal, and is responsible for over two-thirds of the national productivity in international ISI journals in the area of Space Sciences. This is the scientific area with the highest relative impact factor (1.65 times above the international average) and the field with the highest average number of citations per article for Portugal.

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

<http://www.fc.up.pt/fcup/documentos/documentos.php?ap=23&ano=&idpath=raiz.728.4640.6194.4156.6835>

4.2. Pessoal Não Docente

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

O departamento na FCUP diretamente envolvido no funcionamento deste ciclo de estudos é o Departamento de Física e Astronomia (DFA). O pessoal não docente afeto ao DFA integra 8 pessoas a tempo integral (100%), distribuídas da seguinte forma: 3 técnicos superiores, 3 assistentes técnicos e 2 assistentes operacionais, bem como 1 assistente técnico a tempo parcial (50%). O CE pode contar ainda com o pessoal dos serviços centrais

da FCUP, nomeadamente do Serviço de Pós-graduação, Gabinete de Apoio ao Estudante, Gabinete de Imagem e Relações com o Exterior e Centro de Informática.

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

The FCUP department directly involved in this MSc is the Department of Physics and Astronomy (DFA). The non academic staff of the DFA comprises 8 full-time employees (100%), distributed as follows: 3 senior technicians, 3 technical assistants and 2 operations assistants, as well as 1 part-time (50%) technical assistant. The MSc course can also count on FCUP's Central Services staff, including the Postgraduate Service, the Student Support Office, the Image and Foreign Relations Office, and the Center of Informatics.

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

Pessoal não docente de apoio à leção do ciclo de estudos, adstrito ao Departamento de Física e Astronomia: 3 possuem Licenciatura; 4 completaram o Ensino Secundário; 2 apenas terminaram o 3o ciclo do Ensino Básico.

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

The non-academic staff supporting the study programme, attached to the Department of Physics and Astronomy: 3 have an University degree; 4 completed Secondary school; 2 only finished Middle school.

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

Na FCUP, a avaliação do pessoal não docente com contrato público segue os procedimentos em conformidade com a Lei no 66-B/2007 de 28 de dezembro (SIADAP). Para os elementos de pessoal não docente com contratos privados, a avaliação segue os procedimentos em conformidade com o Regulamento de avaliação de desempenho de trabalhadores não-docentes com contratos de direito privado da Universidade do Porto, Despacho no 14714/2010 de 23 de Setembro, Diário da República 186 Série II (SIADUP).

Anualmente, são fixados objetivos para cada funcionário do pessoal não-docente num documento elaborado pelo Presidente do Departamento e assinado pelo visado. O desempenho do funcionário é avaliado anualmente, relativamente aos objetivos fixados para o ano que decorreu, com base num relatório elaborado pelo Presidente do Departamento.

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

In FCUP, regarding the elements of the non-teaching staff with public contract, the evaluation is in accordance with Law number 66-B/2007 of December 28th (SIADAP). For non-teaching staff members with private contracts, the assessment follows the procedures in accordance with the "Regulamento de avaliação de desempenho de trabalhadores não-docentes com contratos de direito privado da Universidade do Porto", By-law number 14714/2010 of September 23rd, DR 186 Series II (SIADUP).

Each year, goals are set for each employee of the non-teaching staff in a document prepared by the Head of the Department and signed by the person concerned. The employee's performance is evaluated annually in relation to the objectives set for the year elapsed, based on a report prepared by the Head of the Department.

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

A Universidade do Porto oferece, através da sua Divisão de Recursos Humanos, cursos de formação em componentes tecnológicas e outras competências, a que o pessoal não-docente do Departamento de Física e Astronomia tem acesso. Por exemplo, em 2011, foi completado um curso de formação em Processamento de Texto com MS-Word 2007, de Nível II (Intermédio), e com 20 horas.

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

The University of Porto, through the Human Resources Division, offers courses on technological and other skills, which are available to the non-teaching staff of the Department of Physics and Astronomy. For example, in 2011, it was completed a training course in Word Processing with MS-Word 2007, Level II (Intermediate), with 20 hours.

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	55
Feminino / Female	45

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	27
24-27 anos / 24-27 years	64
28 e mais anos / 28 years and more	9

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 do 2º ciclo	5
2º ano curricular do 2º ciclo	5
	10

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	15	15	15
N.º candidatos 1.ª opção, 1ª fase / No. 1st option, 1st fase candidates	4	6	6
Nota mínima do último colocado na 1ª fase / Minimum entrance mark of last accepted candidate in 1st fase	0	0	0
N.º matriculados 1.ª opção, 1ª fase / No. 1st option, 1st fase enrolments	3	4	5
N.º total matriculados / Total no. enrolled students	3	5	5

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.

O conselho pedagógico da FCUP, onde os estudantes estão representados, tem desenvolvido um trabalho consistente no sentido de melhorar as práticas pedagógicas e evitar conflitos ou mal entendidos. Tem mostrado disponibilidade total para receber docentes e discentes, sistematiza regras, aconselha e resolve problemas. As Comissões Científica (CC), de Acompanhamento e os docentes do Mestrado estão sempre alerta e disponíveis para qualquer questão pedagógica que surja. A escolha das UCs opcionais, dos temas, orientadores e locais de realização de dissertações e estágios é sempre supervisionada pela CC, sendo o Diretor frequentemente contactado pelos estudantes para discutir as diferentes possibilidades. O Gabinete de Apoio ao Estudante (FCUP) presta informações de forma personalizada sobre as atividades de ensino, sendo complementado pelos serviços da Secção de Pós-Graduação da Divisão Académica, que esclarecem dúvidas de natureza administrativa acerca do percurso académico dos estudantes.

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

FCUP'S Pedagogical Council, where students are represented, has developed a consistent work to improve teaching practices and to avoid conflicts or misunderstandings. It has shown full readiness to hear lecturers and students, systematizes rules, advises and solves problems.

The Scientific (CC) and Monitoring Committees and the Master's teachers are always alert and available to any pedagogical issue that arises. The choice of optional individual lecture courses, of topics, supervisors and dissertation/internship sites is always supervised by the CC, and the Director is often contacted by the students to discuss the different possibilities.

FCUP has a Student Support Office, which provides personalized information on the various teaching activities, being complemented by the Academic Services (Postgraduate Section), that offer support concerning administrative matters concerning the students' academic path.

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

A UP organiza anualmente a Semana de Acolhimento e Integração dos Novos Estudantes. Ao nível da FCUP, a integração é levada a cabo pelo Gabinete de Apoio ao Estudante que, com atendimento personalizado, fornece informações sobre as diversas atividades de ensino e apoia os estudantes estrangeiros (ex. receção, acompanhamento e divulgação de cursos de Língua Portuguesa). Fornece, ainda, apoio a estudantes com necessidades educativas especiais, bem como a estudantes oriundos dos PALOP (ex. na receção, acompanhamento e divulgação de eventos).

Durante o 1o ano os estudantes têm um acompanhamento regular por parte do diretor e dos docentes de cada UC. No 2o ano cada estudante é acompanhado pelo(s) seu(s) supervisor(es). Os estudantes são ainda incentivados a colaborar em eventos do DFA e do CAUP ou em que o DFA ou CAUP participam (Mostra UP, Dias Abertos, Universidade Júnior, Dia do Estudante @CAUP, Dia da Astronomia na U.Porto, várias iniciativas de divulgação de Astronomia do CAUP).

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

The University of Porto organizes annually the Welcome and Integration Week for New Students. At FCUP's level, the integration is carried out by the Student Support Office, that provides personalized information on the various teaching activities and support to foreign students (at their reception and by disseminating Portuguese language courses). It also provides support for students with special educational needs, as well as students from PALOP (at their reception, monitoring and promotion of events). In the first year, students are intensely accompanied by the director of the cycle of studies and by the lecturers of the individual lecture courses. In the second year, each student is accompanied by his/her supervisor(s). The students are also encouraged to collaborate on events that either CAUP or the DFA organizes or participates in (UP Fair, FCUP's Open Days, Junior University, Students Day @CAUP, Astronomy Day at U.Porto and various of CAUP's outreach activities).

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

A FCUP possui uma Bolsa de Emprego online, da responsabilidade do Gabinete de Imagem e Relações com o Exterior. Este gabinete tem como objetivo divulgar junto das empresas os CE da FCUP, sendo também responsável pelo Programa de Estágios Extra-Curricular (PEEC) que possibilita aos estudantes aceder a uma experiência profissional reconhecida.

Os Serviços de Ação Social da Universidade do Porto prestam apoio através da atribuição de bolsa de estudo ou de subsídio de emergência. A UP dispõe ainda de uma estrutura de promoção do emprego (Portal de Emprego) para a divulgação de ofertas e registo de currículos.

Os estudantes recebem informações sobre Empreendedorismo e programas de apoio ao desenvolvimento de ideias de negócio (ANJE, IAPMEI, Portal de Empreendedorismos da UP e Passaporte do Empreendedorismo).

Os novos estudantes são integrados em mailing-lists, geridas pelo CAUP, onde regularmente se anunciam bolsas e contratações em Astronomia - na investigação, ensino ou divulgação.

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

FCUP's Communication and Image Office has an online Employment Pool, which aims to disseminate FCUP's courses among enterprises and seek integration of newly graduates in the labor market. It is also responsible for the Extra-Curricular Internship Program that allows students to access a recognized professional experience, facilitating their subsequent entry into the labor market.

The Social Services of the University of Porto provide support by awarding scholarships or emergency allowances. In addition, UP also has an employment promotion structure (the Employment Portal) to announce job offers and allow the registration of curricula.

Students receive information about entrepreneurship and programs to support the development of business ideas (ANJE, IAPMEI, UP's Entrepreneurship Portal and Entrepreneurship Passport).

New students are integrated into mailing lists, managed by CAUP, that regularly announce grants and jobs in Astronomy - for research, teaching and outreach.

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

A FCUP promove, semestralmente, os Inquéritos Pedagógicos aos estudantes, tendo em vista a melhoria contínua do processo de ensino/aprendizagem e da qualidade da sua formação. Cada estudante da FCUP é convidado a preencher o inquérito sobre as unidades curriculares que frequenta e respetivos docentes, contribuindo com a sua opinião para a avaliação e a melhoria da formação na sua Faculdade. No ano letivo de 2014/2015, a percentagem de inquéritos respondidos nos ciclos de estudo com sede administrativa na FCUP foi próxima de 30%, subindo para cerca de 50% no caso do 2o ciclo em Astronomia.

Os resultados dos inquéritos são levados em conta pelos órgãos de gestão da FCUP, em particular o Conselho Pedagógico, bem como pelos departamentos, na tomada de medidas destinadas ao aperfeiçoamento do processo de ensino/aprendizagem.

Os resultados dos referidos inquéritos são também tidos em conta pela Comissão Científica do CE e especialmente por cada docente.

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

FCUP promotes, every six months, the Pedagogical Inquiries to students, having in view the continuous improvement of the teaching/learning process and of the quality of their training. Each student is invited to complete the survey on his/her individual lecture courses and respective lecturers, contributing with feedback to evaluate and improve the training at his/her School. In the academic year 2014/2015, the percentage of inquiries answered in the study cycles with headquarters in FCUP was close to 30%, rising to about 50 % for the 2nd cycle in Astronomy .

Survey results are taken into account by FCUP's management bodies, particularly the Pedagogical Council, as well as by the departments, for taking measures aimed at improving the teaching/learning process.

The results of these surveys are also taken into account by the Scientific Committee of the course and especially by each lecturer.

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

O GIRE (FCUP) apoia os estudantes do programa comunitário Aprendizagem ao Longo da Vida (eg subprograma Erasmus) na preparação de candidaturas, nos procedimentos durante a permanência na Universidade de acolhimento, divulgando cursos de línguas promovidos pelas Universidades parceiras.

Para o reconhecimento de créditos (ECTS) celebra-se um documento (Learning Agreement) com o plano de estudos a frequentar em mobilidade, previamente definido e sujeito à aprovação pelo Diretor do CE e pelo Presidente do Conselho Científico da FCUP. O Suplemento ao Diploma contribui para melhorar a transparência e o reconhecimento académico e profissional das qualificações.

O acordo de Duplo-Grau Luso-Francês estabelecido entre a UP e a Université Paul Sabatier-Toulouse III, onde existe o Master Sciences, Technologie, Santé - mention Physique et Astrophysique, assegura o reconhecimento mútuo dos ECTS obtidos por um estudante nesta via, atribuindo o grau de Mestre pelas duas Universidades.

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

GIRE (FCUP) offers support to students enrolled in the UE Learning program Lifelong (eg sub-program Erasmus) in preparing applications and in procedures during the period of stay in the host university, and by disseminating language courses sponsored by the partner Universities.

As a tool for recognition of credits (ECTS), a document is prepared (Learning Agreement) with the study plan to attend in mobility, pre-defined and subject to approval by the course Director and by the Chairman of FCUP's Scientific Council. The Diploma Supplement aims at improving transparency and the academic and professional recognition of qualifications.

The Luso-French Double-Degree established between UP and the Université Paul Sabatier-Toulouse III, where there is the Master Sciences, Technologie, Santé - mention Physique et Astrophysique, ensures the mutual recognition of ECTS obtained by a student in this program, assigning the Master degree by the two Universities.

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.

São objetivos específicos proporcionar as competências:

- Capacidade para participar em investigação em Astronomia, contribuir para o desenvolvimento e utilização de instrumentação, algoritmos computacionais e técnicas de análise.
- Capacidade de resolução de problemas multidisciplinares, em particular envolvendo a análise e o processamento de dados;
- Capacidade de análise crítica e de comunicar usando linguagem adequada e adaptada ao público alvo.
- Relacionamento interpessoal e trabalho de equipa;
- Agir de forma ética profissional, íntegra e responsável.

A operacionalização destes objetivos passa pela concretização do plano de estudos em aulas de diferentes tipos, teóricas, teórico-práticas, práticas e de orientação tutorial, dadas por diferentes docentes, que propõem aos estudantes diversas tarefas ou desafios. O grau de cumprimento é traduzido pela pontuação (quantitativa e/ou qualitativa) obtida na avaliação. As ferramentas de avaliação incluem provas escritas, relatórios e apresentações. Em particular, na unidade curricular de Dissertação / Estágio a avaliação inclui provas públicas.

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

Specific objectives are to provide the following skills:

- Ability to participate in research in Astronomy, contribute to the development of and use instrumentation, computer algorithms and analysis techniques.
- Capacity to resolve multidisciplinary problems, particularly involving analyses and processing of data;
- Ability to make critical analysis and to communicate using appropriate language, adapted to the target audience.
- Interpersonal relationships and teamwork;
- Act professionally, ethically, responsibly.

The operationalization of these objectives involves the implementation of the curriculum in lecture classes of different types, theoretical, theoretical-practical, practical and tutorial, given by different lecturers, who propose a variety of tasks and challenges to students. The degree with which the expected outcomes are achieved is translated into classifications (quantitative and/or qualitative) obtained through an evaluation. The assessment tools include written tests, reports and presentations. In the Dissertation / Internship curricular unit, the evaluation includes a public examination.

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

O atual plano de estudos entrou em vigor em 2013/14, sendo em 2007/8 o primeiro ano em que o CE funcionou. Houve frequentemente reflexão, discussão e avaliação do plano de estudos, de modo a averiguar a necessidade de aperfeiçoamento. Revisões curriculares foram e serão ponderadas sempre que tal se revele necessário: na sequência das conclusões do processo de autoavaliação, dos resultados dos inquéritos pedagógicos, da evolução dos resultados académicos e das orientações dos grandes projetos e apostas em Astronomia a nível europeu/mundial.

Os docentes (doutorados) estão associados a centros de investigação de excelência e publicam regularmente em revistas científicas, o que conduz a uma permanente atualização das aulas através da integração de novos conteúdos e métodos. Mantêm e colaboram em projetos de investigação internacionais, júris académicos, conferências científicas, conselhos editoriais de revistas e órgãos de organizações internacionais em Astronomia e Ciências do Espaço.

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

The current curriculum took effect in 2013/14, whereas 2007/8 was the first year of functioning of the MSc. There was often reflection, discussion and evaluation of the curriculum in order to ascertain the need for improvement. Curricular revisions have been and will always be considered when necessary: following the conclusions of the self-evaluation process, the results of pedagogical inquiries, the evolution of academic results and the guidelines of major projects in Astronomy at European level and worldwide.

Teachers (all PhD) are members of research centers of excellence and regularly publish in scientific journals, leading to a permanent update of the classes through the integration of new contents and methods. They all maintain and collaborate on international research projects, academic juries, scientific conferences, editorial boards of journals and organs of international organizations in Astronomy and Space Sciences.

6.2. Organização das Unidades Curriculares

6.2.1. Ficha das unidades curriculares

Mapa X - Análise de Dados em Astronomia / Data Analysis in Astronomy

6.2.1.1. Unidade curricular:

*Análise de Dados em Astronomia / Data Analysis in Astronomy***6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Pedro Teixeira Pereira Viana (42h TP, 14h PL)***6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:***Não aplicável.***6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O objectivo genérico desta unidade curricular é familiarizar os estudantes com algumas técnicas actualmente utilizadas na análise de dados em Astronomia. Em particular, pretende-se que os estudantes fiquem a compreender os conceitos essenciais que sustentam a inferência estatística bayesiana e que sejam capazes de os aplicar na resolução de problemas em Astronomia.***6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:***The general objective of this lecture course is to familiarize students with some techniques currently used in data analysis in Astronomy. In particular, it is intended that students develop an understanding of the main concepts underpinning Bayesian statistical inference and become capable of applying them when trying to solve problems in Astronomy.***6.2.1.5. Conteúdos programáticos:***Inferência estatística:*

- *Conceitos básicos de probabilidade. Teorema de Bayes. Marginalização.*
- *Caracterização de distribuições de probabilidades prévias: invariância por transformação; princípio da máxima entropia; distribuições conjugadas.*
- *Estimação de parâmetros e comparação de modelos no âmbito da inferência estatística bayesiana.*
- *Inferência estatística na presença de incertezas do tipo gaussiano: modelos lineares.*
- *Estimação de parâmetros de modelos não-lineares: aproximação de Laplace; método de Levenberg-Marquardt; métodos de Monte Carlo.*
- *Cadeias de Markov: algoritmo de Metropolis-Hastings; métodos avançados.*
- *Construção bayesiana de experiências.*

Detecção e caracterização de sinal:

- *Análise espectral clássica: séries de Fourier; convolução e correlação; teorema de Nyquist; transformada de Fourier discreta; espectro de potência.*
- *Derivação e generalização bayesiana das estatísticas de Schuster e de Lomb-Scargle.*

6.2.1.5. Syllabus:*Statistical inference:*

- *Basic concepts of probability. Bayes Theorem. Marginalization.*
- *Characterization of prior probability distributions: invariance under transformation; principle of maximum entropy; conjugated distributions.*
- *Bayesian parameter estimation and model comparison.*
- *Statistical inference in the presence of Gaussian type uncertainties: linear models.*
- *Estimation of nonlinear model parameters: Laplace approximation; Levenberg-Marquardt method; Monte Carlo methods.*
- *Markov Chains: Metropolis-Hastings algorithm; advanced methods.*
- *Bayesian Experimental Design.*

Signal detection and characterization:

- *Classical spectral analysis: Fourier series; convolution and correlation; Nyquist theorem; discrete Fourier transform; power spectrum.*
- *Bayesian derivation and generalization of the Schuster and Lomb-Scargle statistics.*

6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.*Os conteúdos programáticos foram escolhidos de modo a permitir aos estudantes o desenvolvimento da sua capacidade de resolução de problemas de inferência estatística e análise de sinal, nomeadamente séries temporais com periodicidade, em Astronomia. É atribuída particular ênfase à aquisição de competências no uso de conceitos e técnicas ditas bayesianas.*

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

The syllabus was chosen to allow students the development of their capacity to solve problems in statistical inference and signal analysis, including time series with periodicity, in Astronomy. It is given particular emphasis to the acquisition of skills in the use of Bayesian concepts and techniques.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Nas aulas de índole teórico-prática, os conteúdos programáticos são explicados e a sua aplicação exemplificada. Nas aulas de índole prática é apresentada a linguagem de programação R, e exemplificado o seu uso na resolução de problemas em inferência estatística. A avaliação é feita de forma distribuída com exame final. A classificação final, Cf, é obtida da seguinte forma: $Cf=0.5*Ex+0.5*Tr$, onde Ex é a classificação obtida no exame final (entre 0 e 20, tendo de ser não inferior a 8 valores) e Tr é a classificação que resulta da submissão dos relatórios associados aos trabalhos práticos (entre 0 e 20).*

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

*In the theoretical-practical lecture classes, the syllabus contents are explained and their application exemplified. In the practical lecture classes, the R programming language is presented, and its usage in solving problems in statistical inference is illustrated. The evaluation is performed in a distributed manner with final exam. The final classification, Cf, is calculated as follows: $Cf=0.5*Ex+0.5*Tr$, where Ex is the classification of the final exam (between 0 and 20, necessarily not less than 8 values) and Tr is the classification resulting from the submission of the reports associated with the practical work tasks (between 0 and 20).*

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

Os estudantes adquirem os conceitos essenciais que sustentam a inferência estatística bayesiana nas aulas de índole teórico-prática. A sua capacidade para os aplicar na resolução de problemas em Astronomia é desenvolvida, nas aulas de índole teórico-prática, através da discussão de exemplos concretos, e, nas aulas de índole prática em salas com computadores, pelo desenvolvimento e aplicação de algoritmos (escritos em linguagem de programação R) na resolução dos trabalhos práticos dados.

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

Students acquire the essential concepts that underpin Bayesian statistical inference in the theoretical- practical lecture classes. Their ability to apply them in solving problems in Astronomy is developed, in the theoretical-practical lecture classes, by discussing concrete examples, and, in the practical lecture classes in rooms with computers, through the development and application of algorithms (written in the R programming language) to solve the practical work tasks provided.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*D'Agostini, G. (2003). Bayesian reasoning in data analysis. World Scientific Publishing.
Sivia, D.S., & Skilling, J. (2006). Data analysis. OUP Oxford.
Gregory, P.C. (2010). Bayesian logical data analysis for the physical sciences. Cambridge University Press.
Wall, J.V., & Jenkins, C.R. (2012). Practical statistics for astronomers. Cambridge University Press.
Feigelson, E.D., & Babu G.J. (2012). Modern statistical methods for astronomy. Cambridge University Press.
Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S., Dunson, D.B., Vehtari, A., & Rubin, D.B. (2013). Bayesian data analysis. Chapman and Hall/CRC.
von Toussaint, U. (2011). Bayesian inference in physics. Reviews of Modern Physics, 83(3), 943-999.
doi:10.1103/RevModPhys.83.943*

Mapa X - Complementos de Física Estatística / Advanced Statistical Physics**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Complementos de Física Estatística / Advanced Statistical Physics

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

José Miguel do Carmo Nunes da Silva (49h TP)

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

Não aplicável.

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

O objetivo genérico desta unidade curricular é complementar os conhecimentos dos estudantes na área da física estatística, nomeadamente no que concerne transições de fase no equilíbrio, e na sua vizinhança, bem

como longe do equilíbrio. Pretende-se ainda que os estudantes adquiram capacidade de cálculo analítico, espírito crítico, e capacidade de exposição oral.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The general objective of this curricular unit is to complement the knowledge the students have in the field of statistical physics, especially concerning equilibrium phase transitions, in its neighbourhood, and far from equilibrium. The aim is also that students acquire the ability to perform analytical calculus, critical thinking, and the ability of oral exposure.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- *Revisões e complementos sobre teoria das probabilidades, sistemas de partículas idênticas e fundamentação da mecânica estatística*
- *Termodinâmica das transições de fase*
- *Dinâmica estocástica e movimento browniano*
- *Transições de ordem-desordem e teoria de renormalização*
- *Fluidos reais*
- *Processos hidrodinâmicos na vizinhança do equilíbrio*
- *Transições de fase fora do equilíbrio*

6.2.1.5. Syllabus:

- *Reviews and complements on probability theory, identical particles systems and foundations of statistical mechanics*
- *Thermodynamics of phase transitions*
- *Stochastic dynamics and brownian motion*
- *Order-disorder transitions and the renormalization theory*
- *Real Fluids*
- *Hydrodynamic processes near equilibrium*
- *Phase transitions out of equilibrium*

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

Os conteúdos programáticos foram escolhidos de modo a permitir aos estudantes complementar a sua formação em física estatística, nomeadamente no que diz respeito a transições de fase em diferentes situações. Optou-se deste modo por salientar nos conteúdos programáticos a discussão dos aspetos termodinâmicos das transições de fase, a dinâmica estocástica, e as suas aplicações a fluidos.

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

The syllabus was chosen to allow students to complement their training in statistical physics, in particular with regard to phase transitions in different situations. Thus, it was decided to highlight in the syllabus the thermodynamic aspects of phase transitions, stochastic dynamics, and its applications to fluids.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas, incluindo uma parte de exposição teórica com exemplificação, e outra uma parte, mais prática, associada à resolução pelos estudantes dos problemas propostos.

Avaliação distribuída com exame final. A avaliação que se propõe para esta UC tem duas componentes: apresentação de um tópico em física estatística, com peso de 15%; exame escrito, com peso de 85%.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical lecture classes, including a part of theoretical exposition with exemplification, and another part, more practical, associated with the resolution by the students of the problems proposed.

Distributed evaluation with final exam. The assessment that is proposed for this curricular unit has two components: presentation of a topic in statistical physics, with a weight of 15%; written exam, weighing 85%.

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

A componente expositiva das aulas teórico-práticas permite apresentar os conteúdos programáticos, e a sua exemplificação ajuda a consolidar a sua compreensão pelos estudantes. A componente prática permite resolver problemas que aplicam os conceitos apresentados na componente expositiva, complementando os exemplos (mais breves) apresentados nesta. Também permitem avaliar o grau de acompanhamento dos assuntos por parte dos estudantes, permitindo ajustes nas aulas expositivas. O projecto permite avaliar a capacidade do estudante para aprofundar os seus conhecimentos num tópico em física estatística. É também avaliada a capacidade de comunicar esses resultados através da apresentação oral do projecto.

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

The theoretical component of the theoretical-practical lecture classes allows the presentation of the contents of the syllabus, and its exemplification helps consolidate their understanding by students. The practical component involves solving problems by applying the concepts presented in the theoretical component, complementing the (shorter) examples presented in it. The practical component also allows for the assessment of the students evolution, thus enabling adjustments in the theoretical classes. The project evaluates the student's ability to deepen their knowledge in a topic in statistical physics. It is also assessed the ability to communicate these results through the oral presentation of the project.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Reichl, L. E. (1998). A modern course in statistical physics, 2ed. New York: Wiley.

Krapivsky, P. L., Redner, S., & Ben-Naim, E. (2010). A kinetic view of statistical physics. Cambridge: Cambridge University Press.

Mapa X - Física Não-linear / Nonlinear Physics**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Física Não-linear / Nonlinear Physics

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

Augusto da Silveira Rodrigues (42 h TP)

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

Não aplicável.

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

Demonstrar capacidade de compreensão de conceitos, modelos e técnicas de Física Não-linear. Desenvolver as aptidões para a compreensão de fenómenos não-lineares, da sua descrição, da análise de problemas de Física Não-linear e derivação das equações que governam os fenómenos, também em escalas distintas.

Demonstrar capacidade de escolher e aplicar métodos distintos de análise de problemas com não-linearidade, para a obtenção e caracterização das respectivas soluções.

Desenvolver competências e conhecimentos que agilizem a atividade de investigação e desenvolvimento, nomeadamente, que facilitem a leitura e compreensão da literatura da área.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

To show ability to understand key concepts, models and techniques of Nonlinear Physics.

To develop aptitudes for the understanding of nonlinear phenomena, their description, of the analysis of Nonlinear Physics problems and derivation of the equations that govern the phenomena, including at different scales.

To show ability to choose and apply different methods to analyse problems where nonlinearity is present, in order to obtain and characterize the respective solutions.

Develop skills and knowledge that strengthen the research and development activities, in particular, to facilitate the reading and understanding of literature in the field.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Exemplos de ocorrência de ondas não lineares e instabilidades na Natureza.

Métodos topológicos. Fluxo na linha. Pontos fixos e estabilidade. Análise de estabilidade linear. Ciclos limite.

Bifurcações. Fluxos em 2D. Retratos de fase.

Métodos analíticos: Métodos exatos. Métodos aproximados (m. perturbações).

Métodos numéricos: integração de equações diferenciais (ODE) e de equações diferenciais às derivadas parciais(PDE). Métodos explícitos. Métodos implícitos. "Split-step Fourier". Newton-Raphson.

Equações canónicas de Física Não-linear: Kortweg-deVries (KdV), Schrödinger Não linear (NLS), sine-Gordon (SG). Solitões. Métodos de estudo de solitões. Linearização em torno da solução solitónica. IST, transformação de Backlund, esquema AKNS, soluções numéricas.

Complexidade e formação de padrões.

6.2.1.5. Syllabus:

Examples of naturally occurring nonlinear waves and instabilities. topological methods. Flux on the line. Fixed points and stability. Linear stability analysis. Limit cycles. Bifurcations. Flux in 2D. Phase portraits. Analytic methods. Exact methods. Approximate methods (perturbations).

Numerical methods: ODE and PDE integration. Explicit methods and implicit methods. "Split-step Fourier".

Newton-Raphson. canonical equations of Nonlinear Physics: Kortweg-deVries (KdV), Schrödinger Não linear (NLS), sine-Gordon (SG). Solitons. Methods for the study of solitons. Linearisation around the soliton solution. IST, Backlund transformation, AKNS scheme, numerical solutions. Complexity and pattern formation.

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

O programa começa por apresentar problemas de Física que evidenciam a necessidade de considerar não-linearidades para uma descrição mais correta da natureza. Numa primeira parte são tratados sistemas com poucos graus de liberdade e só depois sistemas com um número infinito de graus de liberdade (contínuo). Apresentam-se algumas das técnicas exatas, evidenciando a necessidade de tratamentos por perturbações, algumas das quais são abordadas de seguida. De seguida são tratados os exemplos canónicos de equações de propagação não-lineares mais importantes, evidenciando a sua aplicação a diversas áreas da Física. Os métodos numéricos permitem estudar problemas sem solução analítica exacta ou aproximada.

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

The syllabus starts by presenting some physics problems that showcase the need to incorporate nonlinearities for a more complete description of nature. In a first part systems with only a few degrees of freedom are considered, and only later system with an infinite number of degrees of freedom (continuum). Some techniques that lead to exact results are presented, and their limited applicability introduces the need for perturbation techniques, a few of which are then studied. Then the canonical examples of evolution equations in Nonlinear Physics are considered, stressing their applicability to different areas of Physics. Numerical methods allow for the solution of problems without analitic solution, exact or approximate.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A estrutura das aulas teórico-práticas permite combinar momentos de exposição dos conteúdos, de resolução de problemas, discussão de temas com os estudantes. São ainda apresentados métodos numéricos relevantes a

resolução de problemas mais complexos.

A avaliação é feita através da realização de 2 testes, onde são propostos problemas semelhantes aos resolvidos

durante as aulas, e pela realização de um trabalho de análise de um problema mais longo, em que pode ser necessário usar métodos numéricos expostos nas aulas.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final

Condições de Frequência: Os estudantes têm que estar presentes em pelo menos 3/4 das aulas práticas previstas. Têm também que entregar os projetos e testes em aula requeridos.

Fórmula de avaliação: - 3 mini-testes (peso global de 30%) versando 1 a 2 problemas e a realizar nas aulas (marcadas com antecedência); exame final (peso de 35%, independentemente da época); projecto (peso de 35%).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The structure of theoretical and practical classes allows you to combine moments of presentation of the contents, problem solving, discussion topics with students.

The assesement is made through 2 tests in which the solution of problems similar to those solved in class is required., and by the analysis of a more elaborate problem, for which numerical methods learned in class might be necessary.

Type of evaluation: Distributed, with final exam.

Terms of frequency: Students must attend 3/4 of scheduled lab classes. They must also turn in the computing projects and in class tests in the deadlines.

Formula Evaluation: 3 mini-quizzes with 1 or 2 problems to be done in the problem classes (at set dates) (10% each); final exam (35%, regardless of being normal exame or replacement exam); project (35%).

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

As aulas expositivas permitem apresentar os métodos e técnicas usados em Física Não-linear, evidenciando as diferenças das descrições e previsões de um tratamento puramente linear. São apresentados pequenos exemplos de aplicação.

As aulas de problemas permitem resolver problemas que aplicam as técnicas apresentadas nas expositivas, complementando os exemplos (mais breves) apresentados nestas. Os testes permitem avaliar o grau de acompanhamento dos assuntos por parte dos estudantes, permitindo ajustes nas aulas expositivas.

O projecto permite avaliar a capacidade do estudante de abordar um problema físico mais complexo de princípio a fim, desde a derivação das equações que o descrevem (a partir de princípios gerais), até uma análise crítica dos resultados obtidos, demonstrando dominar os métodos estudados. É também avaliada a capacidade de comunicar esses resultados através do relatório escrito do projeto.

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

Lectures are used to present the motivation and methods and techniques used in Nonlinear Physics, stressing the differences from the description and predictions of a purely linear treatment. Short examples of application are shown. Problem classes allow for the solution that apply the techniques presented in lectures, complementing the examples shown there with longer, more elaborate problems. Tests allow the instructor to gauge how the students are absorbing the course material, allowing for adjustments. The project allows the evaluation of the ability of the students to address a more complex physics problem from beginning to end, from the derivation of the governing equations (from general principles), to a critical analysis of the results obtained, demonstrating their command of the methods studied. The ability to present those results is also evaluated from the written project report.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Enns, R. H., & McGuire, G. (2000). Nonlinear physics with Maple for scientists and engineers. Boston: Birkhäuser.
Dauxois, T., & Peyrard, M. (2006). Physics of solitons. Cambridge: Cambridge University Press.
Strogatz, S. H. (1994). Nonlinear dynamics and Chaos: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering. Reading, MA: Addison-Wesley Pub.
Drazin, P. G., & Johnson, R. S. (1989). Solitons. Cambridge: Cambridge University Press.

Mapa X - Materiais e Dispositivos Óticos / Optical Materials and Devices**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Materiais e Dispositivos Óticos / Optical Materials and Devices

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

Joaquim Agostinho Gomes Moreira (49h TP)

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

Não aplicável.

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

Pretende-se com esta unidade curricular:

-Desenvolver competências e conhecimentos que possibilitem a compreensão das propriedades óticas dos materiais e agilizar a atividade de investigação e desenvolvimento, permitindo a leitura compreensiva da literatura disponível na procura de expandir os conhecimentos de forma autónoma e sistemática. -Descrever as características estruturais e eletrónicas que determinam as propriedades óticas de materiais. -Entender e explicar o funcionamento de dispositivos e sistemas óticos baseados nessas propriedades. -Desenvolver a capacidade de otimizar o funcionamento de sistemas e dispositivos óticos.
A concretização destes objetivos permitirá ao estudante a:
-Compreensão operacional de dispositivos, sistemas e técnicas experimentais;
-Capacidade para conceber, implementar e otimizar dispositivos e sistemas óticos;
-Capacidade para trabalhar num ambiente de ciência experimental ou num ambiente empresarial, em particular, na tecnologia avançada.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The aim of this curricular unit is:

- to develop skills and knowledge that enable the understanding of optical properties of materials and speed up the research and development activity, allowing comprehensive reading of the literature available on demand to expand the knowledge of independent and systematic way.
-to describe the structural and electronic characteristics that determine the optical properties of materials. -to understand and explain the operation of optical devices and systems based on these properties.
-to develop the ability to optimize the operation of systems and optical devices.
Achieving these goals will enable the student to:
-understand the operation of optical devices, systems and experimental techniques;
-design, implement and optimize devices and optical systems;
-to work in experimental science or in an enterprise environments, particularly in the advanced technology.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Polarização. Elipsometria.
Ótica de cristais. Compensadores, retardadores e sistemas de análise/compensação de polarização. Atividade

ótica e polarimetria.

Propriedades das constantes óticas. Relações de Kramers-Kronig. Modelos para a absorção e dispersão ótica. Alargamento temporal de impulsos num meio dispersivo. Dispersão e equalização de fase em meios anisotrópicos.

Interação da radiação eletromagnética com fonões óticos. Relação de Lyddane-Sachs-Teller. Difusão Raman e Brillouin. FTIR. Polaritões e polarões.

Ótica de metais. Plasmões. Modos acoplados. Confinamento de energia. Lentes plasmónicas, separador de feixe nanoótico, guias de ondas, substratos para SERS.

Efeito eletro-ótico. Moduladores e guias de onda eletroóticas.

Magneto-ótica. Isoladores óticos, circuladores, moduladores magnetoóticos. Sensores e registo de informação por efeito magneto-ótico.

Efeito fotoelástico. Difração acusto-ótica: regimes de Raman-Nath e Bragg. Moduladores, defletores e filtros acústico-óticos.

6.2.1.5. Syllabus:

Polarization. Ellipsometry.

Crystal optics. Compensators, retarders and polarization analysis/compensation systems.

Optical activity and polarimetry.

General properties of the optical constants. Kramers-Kronig relations. Models for optical absorption and dispersion. Temporal broadening of pulses in a dispersive medium. Dispersion and phase matching in anisotropic media.

Interaction of electromagnetic radiation with optical phonons. Lyddane-Sachs-Teller relation. Raman and Brillouin scattering. FTIR. Polaritons and polarons.

Optical of metals. Plasmons. Coupled modes. Energy confinement. Plasmonic lenses, nano-optic beamsplitters, waveguides, substrates for SERS.

Eletro-optic effect. Electro-optic modulators and waveguides.

Magneto-optics. Optical isolators, circulators, magneto-optic modulators. Sensors and magneto-optic data recording.

Photoelastic effect. Acusto-optic diffraction: Raman-Nath and Bragg regimes. Modulators, deflectors and acusto-optic filters.

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

O que se pretende nesta UC é explorar a física dos materiais do ponto de vista ótico, discutindo os modelos e seus pressupostos, e aplicando as técnicas de cálculo adequadas, com ênfase nas aplicações em dispositivos e sistemas óticos. Nesta UC ter-se-á particular cuidado na discussão dos princípios físicos de funcionamento e da implementação de dispositivos e sistemas óticos, assim como de técnicas experimentais de caracterização ótica de materiais. Cada capítulo do programa contempla, pelo menos, o estudo de uma técnica experimental de caracterização de propriedades óticas e das técnicas de análise, ou de dispositivos realizados com base nos materiais e fenómenos em estudo. É um dos objetivos da UC compreender o funcionamento de dispositivos óticos e o tipo de informação que as técnicas experimentais proporcionam através da análise e discussão de exemplos selecionados.

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

What is required here UC is exploring the physics of optical materials, discussing the models and their assumptions, and applying the appropriate calculation techniques, with emphasis on applications in devices and optical systems. This course has particular emphasis on the discussion of the physical principles of operation and implementation of optical devices and systems, as well as experimental techniques of optical characterization of materials. Each chapter of the program covers at least the study of an experimental technique for characterization of optical properties and analysis techniques or devices made on the basis of materials and phenomena under study. It is one of the course objectives understand the operation of optical devices and the type of information that the experimental techniques provide through analysis and discussion of selected examples.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas, incluindo exposição teórica e resolução de problemas; apresentação e discussão de um artigo; estudo privado. Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final. A avaliação que se propõe para esta UC tem três componentes:

1. 3 problemas para resolver fora do tempo de aulas, com peso de 30%;

2. Apresentação crítica de um artigo da literatura, com peso de 20%;

3. Exame escrito, constituído por problemas e desenvolvimento teórico, com peso de 50%.

Condições de Frequência: Presença de TP.

Fórmula de avaliação: Realização de 3 problemas (classificação X); apresentação e discussão de um artigo científico (classificação Y); Exame Final (classificação Z): Classificação Final $F = 0.3 \cdot X + 0.2 \cdot Y + 0.5 \cdot Z$. Para que as duas primeiras componentes de avaliação possam ser consideradas, a classificação do exame escrito não pode ser inferior a 8,0 valores.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lecture classes, including theoretical exposition and problem solving; reading and presentation of a paper; individual study. Assessment: continuous evaluation with final exam. The evaluation has three components: 1. Three home-work problems (weight 30%)
2. Critical reading and presentations of a paper (weight 20%)
3. Final exam (weight 50%)
Terms of frequency: Attendance to at least 3/4 of classes.
Formula for the final mark: three homeworks (X); presentations and discussion of the paper (Y); final exam (Z).
Final mark: $F=0.3 \cdot X+0.2 \cdot Y+0.5 \cdot Z$.
For the consideration of the first two components of assessment, the mark of the final exam can not be less than 8,0.

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

As aulas teórico-práticas são usadas para apresentação da matéria e das técnicas de cálculo necessárias, ilustrada com exemplos variados que permitem estabelecer uma discussão com os estudantes. Nas aulas teórico-práticas, o estudante é ainda convidado a resolver um conjunto de exercícios e problemas, alguns envolvendo a análise de dados experimentais. Os exercícios e os problemas propostos cobrem os tópicos e métodos de cálculo apresentados na UC, tendo vários níveis de dificuldade. Há uma particular atenção ao confronto entre os resultados experimentais e os previstos pelos modelos estudados.
Ao nível que esta unidade curricular se insere no plano de estudos, os estudantes devem ser incentivados a resolver problemas fora do tempo da aula, de modo a criar-lhes hábitos de autonomia, independência e responsabilidade, evitando que as aulas teórico-práticas se tornem rotineiramente aulas de resolução de problemas a que assistem. A avaliação de trabalhos de casa é um incentivo ao estudo individual e permite uma preparação atempada para o exame. Associada a esta componente de avaliação, a resolução individual de exercícios e de problemas pretende consolidar os conhecimentos e desenvolver competências de cálculo e de análise que o exame final poderá avaliar com mais rigor.
Cada estudante deverá escolher um artigo dentro de uma lista proposta pelo docente, ou escolhido por si com acordo do docente, sobre os temas abordados na unidade curricular, e preparar uma apresentação crítica dos respetivos resultados. Este tipo de atividade pode ser realizada ao longo do semestre para consolidar os assuntos abordados, através da leitura orientada dos artigos previamente selecionados. As apresentações orais, seguidas de uma breve discussão, de duração total não superior a 15 minutos, estão previstas para as aulas teórico-práticas. Com esta metodologia pretende-se avaliar a capacidade de compreensão de um assunto e de comunicação oral, indispensáveis na carreira de um futuro investigador. Uma aula de 90 minutos permite, em média, avaliar 5 estudantes. Mesmo com uma turma com 20 estudantes, o número de aulas TP destinadas a este tipo de avaliação não ultrapassa o número de 4 (x1.5 H), ou seja, 20% do total de aulas previstas para o semestre.

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

The presentation in the lecture classes is organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes, and frequent examples are given to help the students in their own study, including frequent references to subjects studied in other courses. The students are encouraged to work the problems and proposed exercises before lessons, where some of them are discussed and solved. The exercises and proposed problems cover the topics and calculation methods presented in UC, with various levels of difficulty. There is particular attention to the confrontation between the experimental results and predicted by models studied.
Students should be encouraged to solve problems outside of class time, to create them habits of autonomy, independence and responsibility, avoiding that practical classes become routinely problem-solving lessons they watch. The assessment of the homework is an incentive for individual study and allows for timely preparation for the exam. Associated with this evaluation component, the individual problem solving and intends to consolidate the knowledge and develop calculation skills and analysis that the final exam will assess more rigorously.
Students should be also encourage to critically read a recommended paper about the topics of the syllabus. After reading, the student should present the main results of the paper. This kind of activity can be done during the semester in order to consolidate knowledge. Oral presentations, with a 5 minutes discussion, are foreseen for the practical classes. With this methodology, we aim also at assessing the oral communication skills.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Liu, & J.-M. (2005). Photonic devices. Cambridge: Cambridge.
Born, M., & Wolf, E. (1999). Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light. Cambridge: Cambridge University Press.
Sarid, D., & Challener, W. A. (2010). Modern introduction to surface plasmons: Theory, Mathematica modeling, and applications. Cambridge: Cambridge University Press.
Moreira, J. A. (2013). Materiais e Dispositivos Óticos: Notas das aulas. DFA, FCUP.

6.2.1.1. Unidade curricular:*Métodos Matemáticos da Física / Mathematical Methods in Physics***6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Joaquim Agostinho Gomes Moreira (14h TP)***6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:***José Manuel Monteiro Moreira (14h TP)**João Pedro Trancoso Gomes Rosa (14h TP)***6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***i) Compreensão de conceitos e técnicas matemáticas avançadas na área das funções complexas de variável complexa, transformadas de Fourier e afins, funções especiais e teoria de grupos.**ii) Aplicação dos métodos matemáticos abordados na elaboração de modelos e na resolução de problemas de física, por exemplo, em Eletromagnetismo, Ótica, Mecânica dos Fluidos, Física da Matéria Condensada e Física de Partículas.**iii) Desenvolvimento de competências e conhecimentos que agilizem a atividade de investigação e desenvolvimento, nomeadamente, que facilitem o desenvolvimento de novos modelos e realização de cálculos, a leitura e compreensão da literatura da área.***6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:***i) To understand the concepts and advanced mathematical techniques in the area of complex functions of complex variable, Fourier transforms, special functions and group theory.**ii) To apply the mathematical methods in modeling and solving physical problems, for example, Electromagnetism, Optics, Fluid Mechanics, Condensed Matter Physics and Particle Physics.**iii) To develop skills and to get knowledge towards the development of new models and performing calculations, reading and understanding of the advanced research literature.***6.2.1.5. Conteúdos programáticos:***1. Funções complexas de variável complexa. Representação no plano complexo. Superfícies e linhas de Riemann. Diferenciação no plano complexo. Funções elementares de z . Integração complexa. Séries de funções analíticas. Transformação conforme. Integração pelo método dos resíduos. Série de Fourier. Funções de Green. Aplicações à mecânica de fluidos e eletromagnetismo.**2. Teoria de grupos. Bases matemáticas. Teoria das representações e teoremas básicos. Carácter de uma representação. Funções de base. Levantamento de degenerescências eletrónicas. Vibrações moleculares. Grupos espaciais e sua representação. Relações de dispersão eletrónicas e fonónicas Inversão temporal e magnetismo.**3. Álgebras de Lie. Propriedades básicas. Operador de Casimir. Killing form. Base de Cartan-Weyl. Grupos $SU(N)$ e álgebras de Lie em física de partículas: representações tensoriais e tabelas de Young; $SU(2)$ spin e isospin; $SU(3)$ e o modelo de quarks; introdução às teorias de Yang-Mills e mecanismo de Higgs.***6.2.1.5. Syllabus:***1. Complex functions of a complex variable. Mapping. Branch lines and Riemann surfaces. The differential calculus of functions of a complex variable. Complex integration. Series representations of analytic functions. Conformal transformations. Integration by the method of residues. Fourier series. Green functions. Applications to fluid mechanics and electromagnetism.**2. Group theory. Mathematical background. Representation theory; basis theorems. Characters. Basis functions. Splitting of atomic orbitals. Molecular vibrations. Space groups in real and reciprocal space. Representations. Electron and phonon dispersion relations. Time reversal symmetry and magnetism.**3. Lie algebras. Basic mathematical properties of Lie groups and algebras. Casimir operator. Killing form. Cartan-Weyl basis. $SU(N)$ groups and Lie algebras in particle physics: tensor representations and Young tableaux; $SU(2)$ spin and isospin; $SU(3)$ and the quark model; introduction to Yang-Mills theories and Higgs mechanism.***6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.***Os tópicos escolhidos constituem uma introdução coerente a diversos métodos matemáticos com interesse na resolução de diversos problemas em física. Optou-se por selecionar um conjunto restrito de temas que são importantes em diversas áreas da Física, ilustrando os principais métodos matemáticos para realçar as abordagens focadas para os conceitos centrais. Esta opção prepara melhor os estudantes para a compreensão dos conceitos que são invocados sistematicamente nas discussões de situações novas.***6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.***The topics covered provide both a sound introduction to mathematical methods with special interest to the*

solving of several physical problems. We chose to explore in depth some topics with large relevance for problem solving, illustrating the main mathematical methods to enlighten the approaches to bring focus to central concepts. This approach prepares students for better understanding of the concepts that are systematically brought to bear in new situations.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas-práticas; aulas de resolução de problemas; estudo privado.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída ou exame final:

A avaliação distribuída consiste em dois testes (um sobre o tópico 1 e outro sobre os tópicos 2 e 3 do programa), cada um com peso 50%. O exame escrito é constituído por problemas e desenvolvimento teórico, semelhantes aos dos testes.

Condições de Frequência:

Fórmula de avaliação: o estudante pode optar pela avaliação distribuída ou exame final. Caso opte pela avaliação distribuída, a classificação mínima para obtenção da aprovação em cada teste é 8 valores.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures, problem solving classes; individual study.

Assessment: continuous assessment or final exam. The continuous assessment consists on two tests (one regarding the topic 1, and the second one, the topics 2 and 3 of the syllabus), each one has a weight of 50%

Terms of frequency: Attendance to at least 3/4 of classes.

The student can choose the continuous assessment or final exam. In the case of the continuous assessment, the mark of each test can not be less than 8/20.

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

As aulas teóricas são usadas para apresentação da matéria, ilustrada com exemplos variados que permitem estabelecer uma discussão com os estudantes. Nas aulas teórico-práticas, o estudante é convidado a resolver um conjunto de exercícios e problemas, alguns envolvendo a análise de dados experimentais. Os exercícios e os problemas propostos cobrem os tópicos e métodos de cálculo apresentados na UC, tendo vários níveis de dificuldade. A participação ativa dos estudantes nas aulas TP é essencial na aprendizagem dos conceitos e na aplicação dos métodos à resolução de problemas de física.

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

The presentation in the lectures is organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes, and frequent examples are given to help the students in their own study, including frequent references to subjects studied in other courses. The students are encouraged to work the problems and proposed exercises before lessons, where some of them are discussed and solved. The exercises and proposed problems cover the topics presented in UC, with various levels of difficulty. The active participation of the students in classes enables them to consolidate the fundamental principles and to apply the mathematical methods to solve several physical problems.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Phillips, E. G. (1961). Functions of a complex variable: With applications. Edinburgh: Oliver and Boyd.

Arfken, G. B., Weber, & H.-J. (2005). Mathematical methods for physicists. Boston: Elsevier.

Dresselhaus, M. S., Dresselhaus, G., & Jorio, A. (2008). Group theory: Application to the physics of condensed matter. Berlin: Springer-Verlag.

Georgi, H. (1999). Lie Algebras In Particle Physics: From Isospin To Unified Theories. New York: Westview Press.

Mapa X - Mecânica Quântica Avançada / Advanced Quantum Mechanics

6.2.1.1. Unidade curricular:

Mecânica Quântica Avançada / Advanced Quantum Mechanics

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

João Manuel Borregana Lopes dos Santos (49h TP)

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

Não aplicável.

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

Adquirir competências, conhecimentos e métodos para facilitar a assimilação de resultados de literatura, em

Física de Partículas, Física da Matéria Condensada, Óptica Quântica, Astrofísica, etc.

Conhecer e aplicar as técnicas básicas mais diretas de cálculo em Física Quântica: mudanças de base, uso de simetrias, teoria de perturbações, segunda quantificação, teoria de scattering.

Introduzir Mecânica Quântica Relativista e Teoria Quântica de campo (incluindo radiação eletromagnética).

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

To acquire skills, knowledge and methods to facilitate the assimilation of literature results in particle physics , Condensed Matter Physics, Quantum Optics, Astrophysics, etc.

To know and apply the most basic techniques of direct calculation in quantum physics : base changes, use of symmetries , perturbation theory , second quantification , scattering theory.

To introduce Relativistic Quantum Mechanics and Quantum Field Theory (including electromagnetic radiation).

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. Revisão MQ, incluindo notação de Dirac, Conceito de Bra e espaço dual, teorias de perturbações.

2. Simetrias e transformações unitárias: Simetrias discretas e contínuas. Números quânticos Simetria de rotação, momento angular, spin. Adição de Momentos angulares e representações irredutíveis. Operadores tensoriais e teorema de Wigner Eckart. Aplicações a Física Atómica. Simetrias Internas. I-spin e interações nucleares

3. Partículas Idênticas: Quantificação de osciladores acoplados. Modos normais e Bosões Espaço de Fock e segunda quantificação. Fermiões. Operadores de Campo. Quantificação do Campo de Schroedinger

4. Teoria da Difusão

5. Mecânica quântica relativista: Relações de dispersão, equações de campo e quantificação. Álgebra do Grupo de Lorenz. A equação de Dirac-Weyl. O grafeno Equação de Dirac. Soluções simples.

6. Campo electromagnético

Quantificação do campo electromagnético. Estados da radiação

Interação radiação matérias na aproximação dipolar. Regras de selecção.

6.2.1.5. Syllabus:

1. QM review, including Dirac notation, Bra concept and dual space, perturbation theories.

2. Symmetries and unitary transformations: discrete and continuous symmetries. Quantum numbers Rotational symmetry, angular momentum, spin. Addition of angular moments and irreducible representations. Tensor operators and Wigner Eckart theorem. Applications to Atomic Physics. Internal symmetries. I-spin and nuclear interactions.

3. Identical particles: Quantification of coupled oscillators. Normal modes and Bosons Fock space and second quantification. Fermions. Field operators. Quantization of Schroedinger's field

4. Theory of Scattering

5. Relativistic quantum mechanics: Dispersion relations, field equations and quantization. Algebra of the Lorenz Group. The Dirac equation-Weyl. Graphene. Dirac Equation. Simple solutions.

6. Electromagnetic Field

Quantization of the electromagnetic field. Radiation States

Interaction matter- radiation in the dipole approximation. Selection rules.

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

Os conteúdos são a base dos métodos e linguagens de todas as áreas de aplicação da Mecânica Quântica em Física de Partículas, Teoria de Campo, Matéria Condensada, Ótica ou Astrofísica. Nesse sentido este curso equipa os estudantes com algumas competências básicas para a compreensão da literatura científica em várias áreas onde os problemas de natureza quântica são dominantes.

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

The contents cover the most basic methods and languages of all application areas of Quantum Mechanics in Particle Physics , Field theory, Condensed Matter, Optics or Astrophysics. In this sense this course equips students with some basic skills for understanding the scientific literature in several areas where the quantum nature of problems is dominant.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas de exposição dos conceitos; aulas de discussão de problemas de operacionalização dos conceitos na modelização de situações fisicamente credíveis. Avaliação por exame final.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures of exposition of concepts ; discussion classes of problems with application of concepts in modeling physically credible situations. Evaluation by final exam.

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

A componente expositiva das aulas teórico-práticas familiarizam-nos com conceitos novos, trabalhados com mais detalhe do que é habitual em livros de texto, com uma apresentação focada no seus aspetos essenciais, e formam assim um complemento útil ao estudo privado que é fundamental a este nível. Os problemas propostos na componente prática das aulas teórico-práticas treinam os estudantes nas técnicas básicas que vão ser necessárias quando analisarem situações mais completas em problemas reais nas várias áreas de aplicação da Mecânica Quântica.

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

The theoretical component of the theoretical-practical lecture classes familiarizes students with new concepts, worked out in greater detail than usual in textbooks, with a presentation focused on its essential aspects, and thus form a useful complement to the private study that is crucial at this level. The problems proposed in the practical component of the theoretical-practical lecture classes train students in the basic techniques that they will find necessary when analyzing more complete situations in real problems in various areas of application of quantum mechanics.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Baym, G. (1969). Lectures on quantum mechanics. New York: W.A. Benjamin.
Weinberg, S. (2013). Lectures on quantum mechanics. Cambridge: Cambridge University Press.
Sakurai, J. J., & Napolitano, J. (2011). Modern quantum mechanics. Boston: Addison-Wesley.*

Mapa X - Relatividade Geral / General Relativity

6.2.1.1. Unidade curricular:

Relatividade Geral / General Relativity

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

Orfeu Bertolami Neto (42h TP)

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

Não aplicável.

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

Pretende-se que os estudantes adquiram os conhecimentos que norteiam a teoria da relatividade geral, segundo a qual a curvatura e a dinâmica do espaço-tempo é devida à matéria-energia nele contida. Para este fim, serão discutidos os aspectos físicos e matemáticos dessa formulação.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The aim is to introduce the main ideas about the general theory of relativity, according to which the space- time curvature and dynamics are determined by its energy-matter content. For reach this level of understanding, the physical and mathematical principles of this formulation will be discussed.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. Relatividade Restrita
 - Transformações e Representações do Grupo de Lorentz
2. Princípio de Equivalência de Einstein
 - Princípio de Equivalência Fraco
 - Invariância sob transformações de Lorentz locais
 - Invariância sob transformações de posição
 - Princípio de Equivalência Forte
 - Princípio de Covariância Generalizado
3. Elementos de Geometria Diferencial
 - Variedades Diferenciáveis
 - Diferenciação Exterior e Derivada de Lie
 - Diferenciação Covariante
 - Tensor de Curvatura
 - Métrica
4. Tensor Energia-Momento
 - Equações de Einstein
 - Limite Newtoniano, aproximação linear e ondas gravitacionais
 - Campos de Matéria

- *Formulação Lagrangeana (Acção de Einstein-Hilbert)*
- *Testes Clássicos: Deflexão da luz, atraso do eco de radar nas vizinhanças do Sol e precessão do perihélio de Mercúrio*
- 5. *Soluções das Equações de Campo de Einstein*
- *Espaço-Tempo de Minkowski, De Sitter e anti-De Sitter*
- *Soluções tipo Buraco Negro de Schwarzschild*
- *Espaço-Tempo de Robertson-Walker*

6.2.1.5. Syllabus:

1. *Special Relativity*
 - *Lorentz group and transformations*
2. *Einstein's Equivalence Principle*
 - *Weak Equivalence Principle*
 - *Covariance under local Lorentz transformations*
 - *Covariance under position transformations*
 - *Strong Equivalence Principle*
 - *Generalized Covariance Principle*
3. *Introduction to Differential Geometry*
 - *Manifolds*
 - *Exterior derivative and Lie derivative*
 - *Covariant derivative*
 - *Curvature tensor*
 - *Metric*
4. *Energy-Momentum tensor*
 - *Einstein's field equations*
 - *Newtonian limit, linear approximation and gravitational waves*
 - *Matter fields*
 - *Lagrange formulation (Einstein-Hilbert action)*
 - *Classic tests: Deflection of light and radar eco delay in the vicinity of the sun, and advance precession of Mercury's perihelion*
5. *Exact Solutions of Einstein's field equations*
 - *Minkowski, De Sitter e anti-De Sitter space-time*
 - *Schwarzschild's black hole solution*
 - *Robertson-Walker space-time*

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes compreenderem os fundamentos da teoria da relatividade geral, bem como os aspectos físicos e matemáticos da sua formulação. Em particular, pretende-se que os estudantes adquiram capacidade para expressar leis da física numa forma covariante. Os conteúdos programáticos iniciam-se pela revisão de vários aspectos da Teoria da Relatividade Restrita, ao que se segue a discussão das diferentes formas que pode tomar o Princípio de Equivalência de Einstein. Uma introdução a certos aspectos da Geometria Diferencial é essencial para que se possa passar à discussão das equações de Einstein e de algumas das suas soluções.

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

The contents of the syllabus were established, in their structure and sequencing, in order to enable students to understand the fundamentals of the Theory of General Relativity, as well as the physical and mathematical aspects of its formulation. In particular, it is intended that students acquire the ability to express physical laws in a fully covariant form. The syllabus starts by the review of various aspects of the Theory of Special Relativity, followed by the discussion of the different forms Einstein's Equivalence Principle can take. An introduction to certain aspects of Differential Geometry is essential for the discussion of Einstein's equations and some of their solutions.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas. A avaliação incluirá um exame e a apresentação de um trabalho. O exame corresponde a 3/4 da classificação final.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical lecture classes. The process of evaluation will comprise an exam and a project. The exam will correspond to 3/4 of the final classification.

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

A metodologia de ensino permite abordar todo o conteúdo programático, quer através da exposição e

discussão de conceitos quer através da exemplificação, para além de, através da interacção com os estudantes, permitir avaliar se estes estão a cumprir os objectivos de aprendizagem propostos. Os problemas que vão sendo propostos permitem uma monitorização das dificuldades que forem surgindo, e a correção dos erros mais frequentes. O exame final permite avaliar globalmente se os objectivos de aprendizagem foram cumpridos, e a apresentação do trabalho permite aferir se os estudantes são capazes de aprofundar a sua compreensão de diferentes aspectos da Teoria da Relatividade Geral.

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

The teaching methodologies allow for all of the syllabus to be covered, through the exposition and discussion of concepts as well as through exemplification. Further, through the interaction with the students, they also allow for an assessment of whether they are fulfilling the proposed learning outcomes. The problems that are proposed allow for the monitoring of the difficulties that arise, and the correction of the most frequent errors. The final exam allows an overall assessment of whether the learning objectives have been met, and the presentation of the project allows for the assessment of whether students are able to deepen their understanding of different aspects of the General Theory of Relativity.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

S. Weinberg, S. (1972). Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity. New York: John Wiley and Sons.
S.W. Hawking S. W., & Ellis G.F.R. (1973). The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge: Cambridge University Press.
Misner C. W., Thorne K. S., & Wheeler J. A. (1974). Gravitation. San Francisco: Freeman.
Ross G. G. (1984). Grand Unified Theories. California: Benjamin/Cummings.
Will C. M. (1993). Theory and experiment in gravitational physics. Cambridge: Cambridge University Press.
Kolb E. W., & Turner M. S. (1994). The Early Universe. Westview Press.

Mapa X - Técnicas de Medida e Instrumentação / Measurement Techniques and Instrumentation

6.2.1.1. Unidade curricular:

Técnicas de Medida e Instrumentação / Measurement Techniques and Instrumentation

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

Carla Susana Santana Carmelo Rosa (49h TP)

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

Não aplicável.

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

Esta unidade curricular pretende desenvolver no estudante a capacidade de concepção e implementação de sistemas de medição e instrumentação que possibilitem a aquisição de competências para o exercício de atividade profissional num ambiente de ciência experimental ou industrial, ou o prosseguimento de estudos mais avançados. Para tal, o estudante irá: apreender conceitos gerais de Medida e técnicas fundamentais de instrumentação; adquirir conhecimento operacional dos principais tipos de elementos sensores (transdutores) atualmente disponíveis e dos respetivos princípios de funcionamento e características; apreender conhecimentos sobre elementos condicionadores de sinal; apreender conhecimentos sobre a origem e características das principais fontes de ruído eletrónico que afetam os sistemas de medição e instrumentação, e das técnicas normalmente utilizadas na minimização dos seus efeitos; princípios de funcionamento de instrumentação avançada e princípios de medida.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This course seeks the development of the student's ability to design and implement measurement systems and instrumentation, enabling the acquisition of skills for professional activity in scientific or industrial environment, or even pursuing more advanced studies. To achieve these, the student will learn: the general concepts and structures of the measurement process, as well as fundamental techniques and instrumentation; the operating principles and characteristics of major types of sensing elements (transducers) and on signal conditioning elements; gain knowledge on signal conditioning and instrumentation; study the origin and characteristics of the noise sources affecting measurement systems and instrumentation, and techniques used to minimize their effects; assess the factors that determine the integration of the various blocks that constitute a measurement system; working principles of advanced instrumentation and measuring principles.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1) Elementos Gerais de um Sistema de Medida. 2) transdutores comuns em instrumentação. Transdutores

ópticos e magnéticos avançados. 3) *Características Estáticas de Sistemas de medida; estimativa de erro de medida; técnicas de redução de erros estáticos.* 4) *Resposta dinâmica de sistemas de 1a e 2a ordem; erro dinâmico; minimização do erro de medida;* 5) *Condicionamento de sinais: circuitos electrónicos mais comuns.* 6) *Efeitos de Carga; efeito da propagação de sinais e interferências entre blocos de um sistema.* 7) *Ruído: classificação matemática de sinais e suas propriedades estatísticas; teorema de Wiener Kintchine; ruídos intrínseco e extrínseco e seu acoplamento em circuitos eléctricos; ruído de Johnson, 1/f, e "shot".* *optimização da razão sinal ruído;* 8) *Intrumentação avançada: boxcar; lock-In; analisadores de espectros;* 9) *Processamento analógico e computacional de sinais; circuitos de conversão analógico-digital e digital- analógico, micro-controladores.*

6.2.1.5. Syllabus:

1) *Structure of a Generic System of Measurement.* 2) *Common instrumentation transducers. Advanced optical and magnetic transducers.* 3) *Static Characteristics of Measurement Systems; error measurement and generic techniques for its reduction.* 4) *Dynamic characteristics of 1st and 2nd order measurement systems: dynamic error and techniques for its minimization.* 5) *Signal Conditioning: most common electronic circuits.* 6) *Load effects; propagation of signals and interferences along the system's blocks.* 7) *Noise: types, classification, and statistical properties; Wiener Kintchine theorem; extrinsic and intrinsic and its coupling to electronic circuits; Johnson, 1/f, shot noises. SNR optimization.* 8) *Advanced instrumentation: boxcar; lock-in, spectrum analyzers;* 9) *Analogue and Digital Signal Processing; sampling and voltage analogue to digital conversion; micro-controllers.*

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

A unidade curricular propõe o estudo de um conjunto alargado de elementos de transdução de sinais que devem fazer parte da formação de base de profissionais que desenvolvem o seu trabalho com forte componente de instrumentação, em ambientes industriais ou de investigação científica. São também introduzidos de forma consistente aspetos fundamentais de ruído em sistemas electrónicos não cobertos nas unidades curriculares do curso. Por outro lado, os conteúdos programáticos revisitam conhecimentos previamente adquiridos pelos estudantes em unidades curriculares focadas em electrónica, sinais e sistemas, estatística, numa perspetiva integradora, dirigida ao desenvolvimento, caracterização e optimização de soluções de medida e instrumentação eletrónica. Os sistemas de medida são estudados desde a transdução primária de sinal até à geração de uma resposta final, incluindo a estimativa de erros derivados quer de interferências quer de ruídos intrínsecos aos sistemas.

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

The course proposes the study of a broad set of signal transduction devices that should be part of the base knowledge of future specialists developing their work with a strong instrumentation component, such as in industrial environments, or scientific research. Fundamental topics on noise in electronic systems that are absent in previous electronics UC are addressed in a consistent and contextualized approach. The programatic contents also review the knowledge previously acquired in electronics, signals and systems, statistics UCs, using an integrating approach, directed to the development, characterization and optimization of measuring systems solutions and electronic instrumentation. Measuring systems are studied from the base signal transduction up to the generation of a final response, including errors estimation derived from either interference processes, and/or from system intrinsic noise sources.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas expositivas, com resolução de problemas pelos estudantes e discussão.

Tipo de Avaliação: Avaliação por exame final.

Fórmula de avaliação: classificação do exame escrito.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical lectures, and supervised problem solving tasks / discussion in context.

Type of evaluation: Avaliação por exame final.

Formula Evaluation: written exam mark.

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

Durante o percurso de aprendizagem proporcionado durante o ciclo de estudos, os estudantes tomam contacto com equipamentos e elementos de medida nas unidades curriculares laboratoriais, e interagem com esses elementos através de uma aprendizagem experimental. Esta unidade curricular aborda aspetos importantes de sistemas de medida, focando-se nos princípios de funcionamento de instrumentação, eletrónica, mas sistematizando a quantificação do desempenho de sistemas de medida através de uma aprendizagem teórico-prática que permita compreender as limitações que estes sistemas apresentam, assim como conhecer formas de melhorar o seu desempenho e de melhor compreender a informação que por eles pode ser produzida. As aulas teórico-práticas permitem discutir e analisar informação correspondente a situações reais, e são

assistidas por aulas de demonstração de equipamentos ou princípios de medida sempre que possível e justificado. A avaliação por exame final permite avaliar o processo de aprendizagem individual do estudante.

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

Along the learning process provided by the cycle of studies, the students are exposed to different equipment and measuring devices on the normal frequency of laboratorial courses, and interact with those elements on a hands-on approach. This course approaches important aspects of measuring systems, focusing in working principles and relevant electronics, sistematizing the quantification of measurement systems performance through a theoretical-practical approach that allows the understanding of the physical limitations of these systems, as well as well understand strategies of enhancing the performance and better understanding the information they are able to produce.

The theoretical-practical classes allow the discussion and analysis of information taken from real systems, and are supported by demonstrations of devices or measurement principles whenever needed. The final exam allows assessing the knowledge acquired by the student during the course.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bentley, J. P. (1988). Principles of measurement systems. Burnt Mill, Harlow: Longman Scientific & Technical. Oppenheim, A. V., Willsky, A. S., & Nawab, S. H. (1997). Signals & systems. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Fraden, J. (1996). Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications. Woodbury, NY: American Institute of Physics.

Davies, E. R. (1993). Electronics, noise, and signal recovery. London: Academic Press.

Mapa X - Teoria Quântica de Campo / Quantum Field Theory

6.2.1.1. Unidade curricular:

Teoria Quântica de Campo / Quantum Field Theory

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

Orfeu Bertolami Neto (49h TP)

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

Não aplicável.

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

- *Compreender os conceitos e as incoerências da Mecânica Quântica Relativista.*
- *Familiarização com ideias, métodos e leis da Teoria Quântica de Campo.*
- *Compreender em detalhe a quantificação canónica de um campo escalar, do campo de Dirac e do campo electromagnético.*
- *Entender o tratamento das interações em teoria de campo e suas aplicações no estudo de fenómenos físicos, com particular ênfase na Electrodinâmica Quântica.*
- *Introduzir o procedimento de renormalização em Teoria Quântica de Campo.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *Understand the concepts and inconsistencies Relativistic Quantum Mechanics.*
- *Getting acquainted with ideas, methods and laws of Quantum Field Theory.*
- *Understand in detail the canonical quantization of a scalar field, Dirac field and the electromagnetic field. - Understand the treatment of interactions in field theory and its applications in the study of physical phenomena, with particular emphasis on quantum electrodynamics.*
- *Introduce the procedure of renormalization in Quantum Field Theory.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Mecânica Quântica Relativista: equações de Klein-Gordon e de Dirac e suas soluções; razão giromagnética do electrão; neutrinos. Quantificação Canónica de um campo escalar: estados de partículas e espaço de Fock; invariância relativista das relações de comutação e causalidade; aplicações. Quantificação do campo de Dirac: o princípio de exclusão de Pauli e a relação spin-estatística. Quantificação do campo electromagnético: quantificação no padrão de Coulomb e no padrão de Lorentz. Interações: representação das interações; teorema de Wick e regras de Feynman; matriz S; estados assintóticos; representação espectral do propagador; fórmulas de redução de Lehmann, Symanzik e Zimmermann; aplicações.

6.2.1.5. Syllabus:

Relativistic Quantum Mechanics: Klein-Gordon equation and Dirac and their solutions; gyromagnetic ratio of the

electron, neutrinos. Canonical quantization of a scalar field: particle states and Fock space; relativistic invariance relations switching and causality; applications. Quantization of the Dirac field: the Pauli exclusion principle and the spin-statistics relation. Quantization of the electromagnetic field: the quantization in the Coulomb and Lorentz gauges. Interactions: the interaction representation; Wick's theorem and Feynman rules; matrix S; asymptotic states; spectral representation of the propagator; reduction formulas of Lehmann, Symanzik and Zimmermann; applications.

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes adquirirem competências na utilização das técnicas subjacentes à teoria quântica de campo. Começa-se por abordar vários aspectos da mecânica quântica relativista, ao que se segue a apresentação e discussão da quantificação de diferentes tipos de campo. Quando relevante são assinaladas as potenciais aplicações da matéria sob discussão em diferentes áreas científicas, tais como Física Estatística e da Matéria Condensada, Física de Partículas, Gravitação e Cosmologia.

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

The structure and sequencing of the syllabus was established in order to enable students to acquire skills in the use of the techniques underlying quantum field theory. It begins by addressing various aspects of relativistic quantum mechanics, followed by the presentation and discussion of the quantification of different types of field. Where relevant, are highlighted the potential applications of the subject under discussion in different scientific fields, such as Statistical Physics and Condensed Matter, Particle Physics, Gravitation and Cosmology .

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas. A avaliação incluirá um exame e a apresentação de um conjunto de problemas propostos. O exame corresponde a 3/4 da classificação final.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical lecture classes. The process of evaluation will comprise an exam and a set of proposed problems. The exam will correspond to 3/4 of the final classification.

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

A metodologia de ensino permite abordar todo o conteúdo programático, quer através da exposição e discussão de conceitos quer através da exemplificação, para além de, através da interação com os estudantes, permitir avaliar se estes estão a cumprir os objetivos de aprendizagem propostos. Os problemas que vão sendo propostos permitem uma monitorização das dificuldades que forem surgindo, e a correção dos erros mais frequentes. O exame final permite avaliar globalmente se os objetivos de aprendizagem foram cumpridos.

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

The teaching methodologies allow for all of the syllabus to be covered, through the exposition and discussion of concepts as well as through exemplification. Further, through the interaction with the students, they also allow for an assessment of whether they are fulfilling the proposed learning outcomes. The problems that are proposed allow for the monitoring of the difficulties that arise, and the correction of the most frequent errors. The final exam allows an overall assessment of whether the learning objectives have been met.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Peskin, M. E., & Schroeder, D. V. (1995). An Introduction To Quantum Field Theory. New York: Westview Press.
Ryder, L. H. (1985). Quantum field theory. Cambridge [Cambridgeshire]: Cambridge University Press.
Itzykson, C., & Zuber, J. B. (1980). Quantum field theory. New York: McGraw-Hill International Book Co.*

Mapa X - Astronomia Extragaláctica / Extragalactic Astronomy

6.2.1.1. Unidade curricular:

Astronomia Extragaláctica / Extragalactic Astronomy

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

Catarina Gasparinho Godinho Lobo (42h TP)

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

Não aplicável.

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

Pretende-se que os estudantes adquiram um conhecimento aprofundado sobre diferentes tipos de galáxias, sua composição, processos físicos que possibilitam a sua formação, e mecanismos físicos responsáveis pela variedade de propriedades observadas e respectiva evolução em diferentes ambientes. Pretende-se ainda que desenvolvam competências de compreensão, análise crítica e exposição de diferentes resultados disponíveis na literatura. Paralelamente à abordagem teórica será apresentada a evidência observacional existente, bem como os grandes projectos futuros com impacto nesta área científica.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The aim of this course is that students acquire a thorough knowledge about different types of galaxies, their composition, physical processes which enable their formation and physical mechanisms responsible for the variety of observed properties and their evolution in different environments. It is also expected that students develop skills of understanding, critical analysis and exposition of different results available in the literature. Alongside the theoretical approach, existing observational evidence will be presented as well as the major future projects with scientific impact in this area.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Galáxia e Grupo Local. Esquemas de classificação morfológicos e espectroscópicos de galáxias. Perfil de luminosidade. Populações estelares, cores. Distribuição espectral de energia, correcções K e E. Meio interestelar e taxa de formação estelar. Dinâmica e distribuição de massa. Relações massa-luminosidade. Biases de seleção observacional.

Grupos e enxames. Segregação morfológica de galáxias. Mecanismos físicos de evolução galáctica. Efeito Butcher-Oemler; galáxias K+A; relação cor-magnitude; taxa de fusão entre galáxias. Funções de massa estelar. Técnicas e resultados principais da procura de galáxias distantes; taxa de formação estelar cósmica. Arrefecimento radiativo e formação de proto-galáxias.

Núcleos activos de galáxias: taxonomia e propriedades observacionais; distribuições de energia espectrais; mecanismos de emissão de radiação; esquema unificado. Buraco negro supermassivo central – estimativas de massa.

6.2.1.5. Syllabus:

The Galaxy and the Local Group. Galaxy classification – morphologies and spectra. Luminosity profiles. Stellar populations, colors. Spectral energy distribution; K- and E- corrections. Interstellar medium and star formation rate. Dynamics and distribution of mass. Mass-luminosity relations. Observational selection biases. Groups and clusters. Morphological segregation of galaxies. Physical mechanisms responsible for galaxy evolution. Butcher-Oemler effect; K + A galaxies; the color-magnitude relation; merger rate. Stellar mass functions. Techniques and main results on distant galaxies searches; the cosmic star formation rate. Radiative cooling and the formation of proto-galaxies.

Active galactic nuclei of galaxies: taxonomy and observational properties. Spectral energy distributions; mechanisms of emission of radiation. Unification scheme. Central supermassive black hole – mass estimates.

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos de modo a proporcionar aos estudantes um conhecimento abrangente e aprofundado sobre os diferentes tipos de galáxias, suas fases de evolução e propriedades físicas, e sobre os variados mecanismos de formação e evolução. Pretendeu-se ainda fornecer aos estudantes as ferramentas físico-matemáticas de base para compreender os processos físicos envolvidos e os estudos realizados nestas áreas.

Os conteúdos programáticos focam igualmente os resultados científicos mais relevantes e os mais recentes nas diferentes áreas, incluindo resultados contraditórios ou ainda não totalmente compreendidos para exemplificar a dinâmica da Ciência, e para demonstrar a necessidade de desenvolver um pensamento crítico e informado, focando-se ainda as apostas mais recentes e de futuro nas Ciências do Espaço ligadas ao estudo das galáxias.

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

The contents have been established to provide students with a comprehensive and thorough knowledge of the different types of galaxies, their stages of evolution and physical properties, and the various mechanisms of formation and evolution. It was also designed to provide students with the physical-mathematical tools to understand the physical processes in question and the studies conducted in these areas.

The syllabus also focuses the most relevant scientific results in the different areas, as well as the most recent ones, including contradictory results or those not yet fully understood, to illustrate the dynamics of science, and to demonstrate the need to develop a critical and informed thinking. The most recent and future developments of Space Sciences related to the study of galaxies are also discussed.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas consistem na exposição dos conteúdos do programa, seguida de exemplificação de aplicações e resolução de problemas quando adequado. Atribuição a cada estudante, no início do ano, de dois trabalhos de pesquisa bibliográfica: (1) análise de um artigo científico recente e sua exposição e discussão; (2) discussão escrita sobre 2 gráficos ou resultados recentes relacionados.

A avaliação na disciplina é composta por um exame final –obrigatório- que contribui com um peso de 60% para a classificação final, por um trabalho oral (20%) e um escrito (10%), e por questões de aula (10%). O cálculo da classificação final é obtido da seguinte forma: $Nf = Ex + TP1 + TP2 + Q$ onde Nf é a nota final, Ex é a nota do exame (cotado de 0 a 12, tendo a nota de ser não inferior a 6 valores), $TP1$ é a nota do trabalho oral (cotado de 0 a 4), $TP2$ é a nota do trabalho escrito (cotado de 0 a 2), Q são as questões de aula (valendo 2 valores).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes involve the exposition of the contents of the program, followed by examples of applications and problem solving when appropriate. Each student will also have two assignment, determined at the beginning of the year: (1) analyses of a recent scientific paper, its presentation and discussion; (2) written discussion on 2 related plots or recent results.

The assessment in this course consists of a final exam –compulsory-, which contributes with a weight of 60% to the final classification, an oral assignment (20%), a written assignment (10%) and questions in the class (10%). The formula to compute the final classification is as follows: $Nf = Ex + TP1 + TP2 + Q$ where Nf is the final grade, Ex is the exam grade (rated 0-12, and required to be no less than 6), $TP1$ is the grade of the oral assignment (rated 0 to 4), $TP2$ is the grade of the written assignment (rated 0 to 2), and Q are the class questions (rated 0 to 2).

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

As aulas expositivas fornecem aos estudantes o conhecimento e as ferramentas de base necessárias, usando-se amplo apoio multi-média (mostrando-se gráficos, imagens, esquemas, tabelas) que serve também para cativar a atenção dos estudantes e o seu interesse nos temas abordados, para além de facilitar a sua aprendizagem. Intercaladamente à exposição, fomenta-se uma discussão ativa por parte dos estudantes sobre os resultados científicos apresentados, procurando-se que os estudantes relacionem os temas abordados e conteúdos lecionados e façam uma análise crítica, isto é, questionem a sua validade, coerência e robustez, apresentem soluções alternativas e inovadoras, e levantem novas questões. Toda a bibliografia necessária de apoio é claramente indicada e o material de estudo é atempadamente disponibilizado aos estudantes através do Sigarra, bem como os sumários detalhados das aulas.

Com os trabalhos práticos pretende-se que os estudantes desenvolvam capacidades de raciocínio e análise crítica, comunicação/exposição e de trabalho extra-aula recorrendo a bibliografia fornecida e à ajuda do docente. Pretende-se ainda que, ao longo da UC, os estudantes conheçam as oportunidades - em curso e futuras - de investigação nas áreas em questão.

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

The lectures provide students with the knowledge and the basic tools, often recurring to multi-media support (to show graphics, images, diagrams, tables) which also aim to attract the attention of students and their interest in the topics addressed, apart from facilitating their learning. During lectures, students are encouraged to participate and actively discuss the scientific results that are presented, so as to promote their ability to connect the themes that were lectured, and to make critical assessments, that is, analyse the validity, coherence and robustness of the results, present alternative and innovative solutions and raise new questions. All necessary bibliography of support is clearly indicated and the study material is timely made available to students through the SIGARRA, as well as the detailed summaries of classes.

The practical assignments are intended for students to develop their reasoning skills and critical analysis, the ability to communicate and to develop extra-class work using the bibliography provided and with the teacher's support. During this course, it is also intended that students become aware of the ongoing and future research opportunities in the areas concerned.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Mo, H., van den Bosch, F., & White, S. (2010). Galaxy formation and evolution. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Spinrad, H. (2005). Galaxy formation and evolution. Chichester, UK: Springer.

Elmegreen, D. M. (1997). Galaxies and galactic structure. Prentice Hall.

Peterson, B. M. (1997). An introduction to active galactic nuclei. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Kemhavi, A. K., & Narlikar, J. V. (1999). Quasars and Active Galactic Nuclei: an introduction. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Krolik, J. H. (1999). Active Galactic Nuclei: from the central black hole to the galactic environment. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Carroll, B. W., & Ostlie, D. A. (2006). An introduction to modern galactic astrophysics and cosmology (2nd ed.). San Francisco, CA: Pearson Addison-Wesley

Mapa X - Espectroscopia e Fotometria em Astronomia / Spectroscopy and Photometry in Astronomy**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Espectroscopia e Fotometria em Astronomia / Spectroscopy and Photometry in Astronomy

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

Jorge Filipe da Silva Gameiro (7h TP, 21h PL); Catarina Gasparinho Godinho Lobo (7h TP, 21h PL)

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

Não aplicável.

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

Familiarização com os sinais básicos em Astronomia (fotometria, espectroscopia), detetores e seu funcionamento com vista ao tratamento dos dados respetivos. Aquisição de conhecimentos de base para redução de dados. Capacidade de manipulação de software específico e análise dos resultados da sua aplicação a dados reais.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Familiarization with the basic signals in Astronomy (photometry, spectroscopy), detectors and their operation in order to be able to reduce the respective data. Acquisition of basic knowledge on data reduction. Ability to handle specific software and analyse the results of its application to real data.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. Instrumentação em Astronomia - Câmaras e detetores. - Ruído e artefactos registados num CCD e sua correção. Sistemas de filtros e de magnitudes no óptico. - O espectrógrafo e o elemento dispersor - redes de difração. - Poder resolvente de um espectrógrafo. - Breve referência à espectroscopia multi-objectos e à espectroscopia de campo integral.

2. Redução de observações espectroscópicas de baixa resolução - Tratamento do ruído térmico e análise da sensibilidade do detetor. - Remoção dos efeitos de raios cósmicos nas imagens. - Calibração dos espectros em comprimento de onda. - Calibração dos espectros em fluxo usando estrelas standard de referência. - Análise

3. Redução de observações fotométricas em diferentes filtros - Tratamento do ruído térmico e análise da sensibilidade do detetor. - Análise da PSF e deteção de objectos na imagem. - Fotometria de abertura sobre os objectos detetados. - Calibração da fotometria por meio de parâmetros derivados das imagens de estrelas standard.

6.2.1.5. Syllabus:

1. Instrumentation in Astronomy - Cameras and detectors. - Noise and artifacts recorded on a CCD and their correction. - Filter and magnitude systems in the optical. - The spectrograph and the dispersor - gratings. - Resolving power of a spectrograph. - Reference to multi-object spectroscopy and integral field spectroscopy.

2. Reduction of low-resolution spectroscopic observations - The treatment of thermal noise and analysis of the detector sensitivity. - Removal of the effects of cosmic rays in the images. - Calibration of spectra in wavelength. - Calibration of spectra in flux using standard reference stars. - Analysis

3. Reduction of observations in several photometric filters - The treatment of thermal noise and analysis of the detector sensitivity. - PSF analysis and detection of objects in the image. - Aperture photometry. - Photometry calibration using standard stars.

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

O conteúdo programático na secção 1 aborda as técnicas principais de obtenção de dados astronómicos, a caracterização dos detetores e a sua operacionalidade. Na prática laboratorial o aluno tem o primeiro contacto com software específico de tratamento de dados astronómicos obtidos por fotometria e espectroscopia. A aquisição de conhecimento na redução de dados é feita em dados reais durante todo o semestre.

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

The curricular unit introduces in section 1 the main techniques to obtain astronomical data and the characterization of detectors in astronomy. This course is also the first contact of the student with specific software for astronomical data reduction. The acquisition of knowledge on data reduction takes place throughout the semester and is done in real photometric and spectroscopic data.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas práticas com computador, que possibilita a realização de tratamento de observações reais com o software IRAF. Estas aulas serão complementadas com aulas teóricas sobre os fundamentos do tratamento de dados. O exame final terá recurso ao computador, em que serão analisadas observações reais, tanto de espectroscopia como fotometria.

A avaliação é feita por exame final, cotado de 0 a 20 valores. O exame é sobre a totalidade da matéria, sendo constituído por duas partes - fotometria e espectroscopia -, cada uma contribuindo com 50% para a nota final. A melhoria da classificação é feito por exame na época de recurso. O exame da época de recurso, tal como o da época normal, tem duas componentes: uma parte de espectroscopia e outra de fotometria. Caso queira, o estudante pode melhorar apenas uma das componentes.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Practical work with computer during classes, enabling the reduction of real astronomical data using the IRAF software. These classes will be supplemented with lectures on the fundamentals of data processing. The final exam will use the computer, in order to reduce real observations, both spectroscopic and photometric.

Assessment is made by a final exam, the final grade being given in a scale of 0 to 20, that covers both parts of the course - photometry and spectroscopy - each one contributing 50% to the final grade.

The appeal exam, like the regular one ("época normal"), have two components: a module on spectroscopy and another one on photometry. If the student wishes, he/she can improve the grade in only one of the modules.

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

A exposição nas aulas teórico-práticas é organizada de acordo com o programa a cumprir e os objetivos a alcançar. Na componente prática é feita o tratamento de dados fotométricos e espectroscópicos usando software específico, permitindo a consolidação de conhecimentos em dados reais.

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

The presentation in the lectures is organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes. In the practical component of the classes, students perform reduction of photometric and spectroscopic data using specific software, allowing consolidation of knowledge using real data.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Sterken, C., & Manfroid, J. (1992). Astronomical photometry, a guide. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Kitchin, C. R. (2013). Astrophysical techniques (6th ed.). Broken Sound Parkway, NY: Taylor and Francis. Gray, D. F. (2008). The observation and analysis of stellar photospheres (3rd ed.). Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Sutton, E. C. (2012). Observational astronomy: techniques and instrumentation. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Mapa X - Formação Estelar e Meio Circum-Estelar / Star Formation and Circum-Estelar Medium**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Formação Estelar e Meio Circum-Estelar / Star Formation and Circum-Estelar Medium

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

Jorge Filipe da Silva Gameiro (42h TP)

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

Não aplicável.

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

No final o estudante terá uma visão global das teorias de formação estelar e evolução estelar pré-sequência principal. O estudante terá também uma visão geral sobre a componente observacional usada para o estudo de nuvens moleculares, proto-estrelas e meio circum-estelar.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

At the end the student will have a global view of the theories of star formation and pre-main sequence stellar evolution. The student will also have a global view over the observational component that is used for the study of molecular clouds, protostars and circumstellar medium.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:*I – Formação Estelar na Via Láctea*

1. Fases do meio interestelar. Gás e poeiras
2. Nuvens moleculares. Núcleos compactos
3. Sistemas estelares jovens. Função inicial de massa

II – Processos físicos em nuvens moleculares

1. Transferência radiativa
2. Moléculas interestelares
3. Aquecimento e arrefecimento
4. Estrutura térmica de uma nuvem

III – Da nuvem à estrela

1. Equilíbrio e estabilidade de uma nuvem. Esferas isotérmicas e massa de Jeans
2. O colapso de núcleos densos. Difusão ambipolar. O colapso “inside-out”
3. Protoestrelas. Fases principais da acreção
4. Formação de estrelas múltiplas

IV – Estrelas da pré sequência principal

1. Estrelas T-Tauri. Emissão em riscas e contínuo. Acreção e perda de massa. Discos circum-estelares
2. Estrelas Herbig Ae/Be. Propriedades básicas

V – Discos de acreção

1. Teoria standard de discos de acreção
2. Observação vs Teoria. Distribuição de energia spectral. Fontes do excesso de emissão
3. Introdução aos modelos de acreção magnetosféricos

6.2.1.5. Syllabus:*I - Star Formation in our Galaxy*

1. Phases of interstellar medium . Galactic gas. Dust and properties of the grains
2. Molecular clouds. Giant molecular clouds. Dense cores
3. Young stellar systems and the initial mass function

II - Physical Processes in Molecular Clouds

1. Introduction to radiative transfer
2. Interstellar molecules
3. Heating and cooling
4. Cloud thermal structure

III - From Clouds to Stars

1. Cloud equilibrium and stability. Isothermal spheres and the Jeans mass
2. The Collapse of dense cores. Ambipolar diffusion. Inside-out collapse
3. Protostars. First core and main accretion phase
4. Multiple star formation

IV - Pre-Main Sequence Stars

1. T-Tauri Stars. Line and continuum emission. Outflow and infall. Circunstellar disks
2. Herbig Ae/Be stars. Basic properties.

V - Accretion disks

1. Theory of standard accretion disks
2. Observations vs Theory. Spectral energy distribution. Sources of excess emission
3. Introduction to magnetospheric accretion models

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

O programa contempla aquilo que constitui os fundamentos da formação estelar e evolução pré-sequência principal. As teorias de formação de uma protoestrela são dadas nos capítulos I, II e III do programa, com introdução dos processos físicos mais importantes. A evolução estelar pré sequência principal (PMS), ou seja evolução de protoestrela até estrela normal, é tratada em detalhe nos capítulos IV e parcialmente no capítulo V. A comparação da teoria/modelos com as observações é também analisada neste último capítulo. A modelação numérica da evolução de discos circm-estelares, essencial na compreensão da fase PMS, é tratada no capítulo V.

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

The syllabus contains the fundamentals of star formation and pre-main sequece evolution. The theory of protostars formation and physical processes associated are established in section I to III of the syllabus. The pre-main sequence (PMS) evolution is given in sections IV and V. In this last section the observational constraints to models are given and also the theory for the numerical simulations of circunstellar disks, essential to understand the PMS phase.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas consistem na exposição de conteúdos, utilizando essencialmente meios multimédia. Nas aulas serão também desenvolvidos pequenos projectos para exemplificar os conteúdos abordados. O material de suporte da unidade curricular é disponibilizado através do Moodle UP, nomeadamente cópia dos slides usados. Há um

livro de referência que funciona como bibliografia principal, mas para algumas componentes dos conteúdos é usada bibliografia complementar e/ou artigos científicos. Tem frequência o estudante que não faltar a mais de 25% das aulas.

A classificação final é a combinação de duas componentes: 1) 70% - exame final escrito com consulta; 2) 30% - Trabalho prático de modelação numérica com relatório escrito e breve apresentação dos resultados obtidos. 1000 caractere

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Multimedia presentations and Tutorial guidance. The support material of the course is available via the Moodle UP, including a copy of the slides used. There is a main reference book that is the main bibliography, but for some components of the course complementary bibliography and/or scientific articles may be used. The student has frequency to the course if he/she misses no more than 25% of the planned classes. The final grade is obtained through two components: 1) 70% - a final written exam; 2) 30% - small project developed during the semester with a final written report and short presentation.

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

A exposição dos conteúdos nas aulas é estruturado de acordo com o programa e os objetivos propostos, sendo sempre que possível os assuntos ilustrados com exemplos reais e resolução de exercícios. A participação dos estudantes na sala de aula é incentivada para uma melhor compreensão dos conteúdos. A componente de projeto permite aplicar conhecimentos adquiridos numa vertente de modelação numérica. Esta parte computacional permite a consolidação de conteúdos e a utilização de dados observacionais para restringir os parâmetros de modelos.

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

The lectures presentation is organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes. Whenever possible the subjects are illustrated with examples and exercises and the students are encouraged to participate and discuss. The project with a strong computational component is used to implement numerical models to real observations, taking into account any observational constraints.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Stahler, S. W., & Palla, F. (2004). The formation of stars. Weinheim: Wiley-VCH.

Gray, D. F. (2005). The observation and analysis of stellar photospheres. Cambridge: Cambridge University Press.

Hartmann, L. (2009). Accretion processes in star formation. New York: Cambridge University Press.

Frank, J., King, A. R., & Raine, D. J. (2002). Accretion power in astrophysics. Cambridge, UK: Cambridge University Press

Mapa X - O Sol e a Heliosfera / The Sun and the Heliosphere

6.2.1.1. Unidade curricular:

O Sol e a Heliosfera / The Sun and the Heliosphere

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

João José de Faria Graça Afonso Lima (42h TP)

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

Não aplicável.

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

1 - Distinguir entre o sol ativo e o sol tranquilo e identificar os principais fenómenos de atividade solar associados ao seu campo magnético

2 - Usar a magneto-hidrodinâmica (MHD) como uma teoria para descrever o comportamento dos plasmas na presença de campos magnéticos

3 - Obter soluções MHD para campos estáticos, para ondas em plasmas e para instabilidades

4 - Usar MHD com o objetivo de obter modelos de equilíbrio em arcadas/proeminências, a libertação de energia em explosões solares através de reconexão magnética, o aquecimento da corona solar e do vento solar

5 - Descrever a heliosfera e suas principais propriedades e as magnetosferas de planetas

6 - Obter modelos para a sua estrutura e estabilidade, usando MHD

7 - Reconhecer a importância da heliosfera para o clima espacial

8 - Ser capaz de compreender e de apresentar um artigo em público

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- 1 - To distinguish between the active and the quiet sun and to identify the main solar active phenomena associated with its magnetic field*
- 2 - To use magnetohydrodynamics (MHD) as a theory to describe the behaviour of plasmas in the presence of magnetic fields*
- 3 - To obtain MHD solutions for static fields, for waves in plasmas and for instabilities*
- 4 - To use MHD in order to model the equilibrium in arcades/prominences, the energy release in solar flares via magnetic reconnection, the heating of the solar corona and the solar wind*
- 5 - To describe the heliosphere and its main properties and planet magnetospheres*
- 6 - To model its structure and its stability using MHD*
- 7 - To recognize the importance of the heliosphere to the space weather*
- 8 - Being able to understand and to present an article in public*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- 1. O Sol.**
 - Observações do Sol. A actividade solar.
 - Fotosfera, região de transição, cromosfera e corona.
 - Estrutura e configurações do campo magnético solar
- 2. A descrição magneto-hidrodinâmica (MHD)**
 - Propriedades
 - Soluções de equilíbrio
 - Ondas em MHD
 - Instabilidades em MHD
- 3. Aplicações da MHD ao Sol**
 - Modelos de equilíbrio para arcadas e proeminências - Reconexão magnética e explosões solares.
 - Modelos para o aquecimento da corona solar.
 - O vento solar. Modelos
- 4. A Heliosfera.**
 - Origem e exploração
 - O campo magnético global da heliosfera
 - Magnetosferas planetárias
 - Modelos
 - Climatologia Espacial

6.2.1.5. Syllabus:

- 1. The Sun**
 - Observations of the Sun. Solar activity.
 - Photosphere, transition region, chromosphere and corona. - Structure and configuration of the solar magnetic field
- 2. The magnetohydrodynamic (MHD) description**
 - Properties
 - Equilibrium solutions
 - Waves in MHD
 - Instabilities in MHD
- 3. Applications of MHD to the Sun**
 - Equilibrium models for arcades and prominences - Magnetic reconnection and solar flares.
 - Models for heating the solar corona. - The solar wind. models
- 4. The heliosphere.**
 - Origin and exploration
 - The global magnetic field of the heliosphere - Planetary magnetospheres
 - Models
 - Space weather

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

Os tópicos do programa atravessam de uma forma ou de outra todos os objetivos curriculares. O objetivo 1 é coberto pelo tópico 1 do programa. O tópico 2 do programa cobre, em particular, os objetivos 2 e 3, enquanto o tópico 3 cobre os objetivos 4 a 6 e o tópico 4 cobre o objetivo 7. O objetivo 8 é transversal e é coberto pela componente de avaliação de apresentação do artigo.

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

The topics of the program cover all curricular objectives. Objective 1 is covered by topic 1 of the syllabus. Topic 2 of the syllabus covers objectives 2 and 3, while topic 3 covers objectives 4 to 6 and topic 4 covers objective 7. Objective 8 is more transversal and is covered by the work on the presentation of the article.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Metodologias de ensino: método expositivo intercalado com a resolução de problemas. Serão dados igualmente alguns problemas aos estudantes para serem resolvidos em ambiente de aula ou em casa.

Tipo de Avaliação: distribuída com um mini-teste, um trabalho de apresentação de um artigo e um teste de avaliação. Nota final = 25% Nota do mini-teste + 25% Nota do trabalho/palestra de apresentação do artigo + 50% Nota do Teste. Nota mínima do teste: 7 valores (em 20).

O estudante pode prescindir das componentes de mini-teste e teste e ir a exame: Nesse caso, Nota final = 25% Nota do trabalho/palestra de apresentação do artigo + 75% Nota do exame

Condições de Frequência: perde a frequência o estudante que faltar a mais de 25% das aulas teórico-práticas previstas.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Teaching methodologies: expository method intercalated with problem solving. Some exercises will be given for the student to solve in classes or at home.

Type of evaluation: continuous evaluation with one mini-test one report and presentation of an article and one test. Final mark = 25% mark of mini-test + 25% mark of report/presentation of article + 50% mark of test.

Minimum note in test: test 7/20. The student can drop from the components of mini-test and and choose to go to the exam. In that case, Final mark = 25% mark of report/presentation of article + 75% exam mark

The student has frequency to the course if he/she misses no more than 25% of the planned theoretical-practical classes.

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

A exposição dos conteúdos da unidade curricular nas aulas é organizada de acordo com o programa a cumprir e os objectivos a alcançar. A resolução de problemas intercalada com a exposição da matéria permite uma assimilação mais rápida dos conceitos. A discussão dos restantes problemas propostos é feita com o intuito de favorecer o domínio das técnicas e das matérias leccionadas. A apresentação do artigo pelos estudantes tem como objetivo treiná-los uma competência essencial em investigação científica.

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

The expository method in theoretical is organized according to the syllabus and learning outcomes of the course. The fact that some problems are solved intercalated with the exposition of the subjects allows a more rapid assimilation of those concepts. The discussion of the remaining exercises is done in order to facilitate the mastery of the techniques and subjects studied. The presentation of the article by the students aims at training their competence that is essential for research.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Aschwanden, M. J. (2006). Physics of the solar corona: An introduction with problems and solutions. Berlin: Springer.

Priest, E. R. (2000). Solar magneto-hydrodynamics. Dordrecht, Holland: D. Reidel Pub. Co.

Priest, E. (2014). Magnetohydrodynamics of the Sun. Cambridge: Cambridge University Press.

Mapa X - Sistemas Planetários / Planetary Systems**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Sistemas Planetários / Planetary Systems

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

Nuno Miguel Cardoso Santos (42h TP)

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

Não aplicável.

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

Dar aos estudantes as ferramentas necessárias para compreenderem os conceitos e terminologias usadas na área de sistemas planetários. Introduzir os conceitos básicos de formação planetária como um sub-produto da formação de uma estrela. Familiarizar os estudantes com os as ferramentas teóricos e observacionais usados neste domínio de investigação, tanto para o estudo do sistema solar como de exoplanetas. Discutir os resultados mais relevantes da investigação nesta área. Usar a área de sistemas planetários para aplicar conceitos de física e astronomia previamente abordados noutras cadeiras. Dar ao estudante os conhecimentos necessários para que ele possa prosseguir os estudos para o nível de doutoramento.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Give to the student all the tools to understand the concepts and terminology used in planetary systems research. Introduce the basic processes of planet formation as an outcome of the stellar formation process. Familiarize the students with the basic theoretical and observational tools used in this domain, both for solar system and exoplanet studies. Introduce the state-of-the-art research and results. Use the planetary sciences domain to apply concepts of physics and astrophysics that were previously learned. Give the student the background to apply for PhD level studies.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Componente teórica:

- 1. O sistema Solar: uma perspetiva histórica*
- 2. Dinâmica*
- 3. Introdução ao sistema solar: propriedades básicas e conceitos*
- 4. Formação estelar: conceitos básicos*
- 5. Discos como locais de formação planetária*
- 6. Formação planetária: das observações à modelação*
- 7. Métodos de procura de exoplanetas*
- 8. Astrofísica estelar e exoplanetas*
- 9. Propriedades dos sistemas planetários observados*

Componente prática:

- a. Exercícios nas aulas*
- b. Fazer uma proposta de tempo de observação com telescópios do ESO*
- c. Apresentação de artigos científicos*
- d. Análise de dados de procura de exoplanetas*

6.2.1.5. Syllabus:

Theoretical component:

- 1. The Solar System: a Historical perspective*
- 2. Basic dynamics*
- 3. An introduction to the Solar System: general properties and basic concepts*
- 4. Star formation: a brief overview*
- 5. Disks as planet formation stages*
- 6. Planet formation: from observational evidence to basic modelling*
- 7. Searching for exoplanets: detection methods*
- 8. Stellar Astrophysics and Exoplanets*
- 9. The properties of planetary systems*

Practical component:

- a. Class exercises*
- b. Make your own telescope time proposal.*
- c. Detecting an exoplanet with RV and transit data.*
- d. Presentation of scientific papers.*

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

A estrutura da UC aborda todos os aspectos do estudo de sistemas planetários, sendo que estes englobam o sistema solar e os exoplanetas. Os primeiros módulos permitem abordar os conceitos mais básicos (incluindo a história e a física) da área, sendo o foco dado inicialmente ao estudo do sistema solar (o nosso sistema). À medida que a UC avança demonstramos igualmente que os sistemas planetários devem ser comuns no Universo (através da abordagem do processo de formação estelar e planetário). Isso leva-nos a terminar com alguns módulos onde se apresentam as técnicas e conhecimento atual na procura de exoplanetas (planetas em torno de outras estrelas). No final é dada uma visão global da área de sistemas planetários, incluindo o que se sabe do estudo do sistema solar e dos exoplanetas.

Do lado prático, os diferentes exercícios e trabalhos permitem ao estudante consolidar o que aprendeu nas aulas teórico-práticas, bem como ter um primeiro contacto com os métodos usados em investigação.

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

The structure of the course approaches all the concepts in the study of planetary systems. Note that by planetary systems we denote both solar system and exoplanets. The first modules allow to discuss some basic concepts (including the history and physics) in the domain, being the focus at first given to the nearby solar system. As the course moves on, we will then show that planetary systems must be common in the Universe (through the presentation of the star formation and planet formation processes). This leads us to finish with a few modules where we discuss how we can detect and characterize planets orbiting other stars, as well as the state-of-the-art knowledge of this research. We end up giving a global view of the planetary systems domain. On the practical side, the different exercises and hands-on works allow the students to consolidate the

knowledge learned in the theoretical-practical classes, as well as to have a first contact with the methods used in present day research.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Componente teórica no quadro com frequente resolução de exercícios para aplicação e consolidação dos conhecimentos. Componente prática em computador usando software semelhante ao usado pelos investigadores. Apresentação de artigos com power-point. Relatórios de trabalhos práticos e utilização de templates do ESO.

Fórmula de avaliação:

Média pesada de 3 componentes:

Exame escrito (50%) - Exercícios (10%)

- Relatórios de trabalhos práticos e apresentação de artigos (40%).

Aprovação dependente de avaliação positiva nas 3 componentes separadamente.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical component given on the black board, with frequent resolution of exercises to apply and consolidate the knowledge. Practical component using computers and software similar to the one used in research.

Presentation of papers using power-point or similar tools. Reports of the practical exercises and use of ESO templates for the telescope time proposal.

Evaluation:

Weighted average of the following components:

- Written Exam (50%)

- Exercises (10%)

- Reports and paper presentations (40%)

Approval depends on a positive evaluation in all the components.

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

A componente teórica das aulas permite aos estudantes adquirir as ferramentas necessárias para compreenderem os conceitos utilizados, e os resultados obtidos, na área de sistemas planetários. A componente prática desenvolve a sua capacidade para as aplicar na resolução de problemas nesta área, consolidando os conhecimentos adquiridos na componente teórica. A utilização na componente prática de software semelhante ao utilizado por investigadores na área de sistemas planetários, prepara os estudantes para uma possível continuação dos seus estudos através da frequência dum programa de doutoramento.

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

The theoretical component of the lecture classes enables students to acquire the tools necessary to understand the concepts used, and the results obtained, in the area of planetary systems. The practical component develops their ability to apply those tools to solve problems in this area, consolidating the knowledge acquired in the theoretical component. The use in the practical component of similar software to that used by researchers in the field of planetary systems, prepares students for a possible continuation of their studies by attending of a doctoral program.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Seager, S. (2010). Exoplanet atmospheres: Physical processes. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Zeilik, M., & Gregory, S. A. (1998). Introductory astronomy & astrophysics. Fort Worth: Saunders College Pub.

Seager, S., Dotson, R., & Lunar and Planetary Institute. (2010). Exoplanets. Tucson: University of Arizona Press.

Hilditch, R. W. (2001). An Introduction to Close Binary Stars. New York: Cambridge University Press.

Mapa X - Cosmologia / Cosmology

6.2.1.1. Unidade curricular:

Cosmologia / Cosmology

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

Jorge Tiago Almeida Páramos (42h TP)

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

Não aplicável.

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

- Compreender as hipóteses fundamentais na base do modelo cosmológico padrão

- *Deduzir as equações que descrevem a dinâmica do Universo*
- *Fundamentar a evidência observacional do modelo cosmológico padrão*
- *Compreender os sucessos e limitações do modelo cosmológico padrão*
- *Compreender os processos termodinâmicos mais relevantes em cosmologia, em particular a recombinação e a nucleossíntese primordial*
- *Descrever os constrangimentos observacionais aos parâmetros cosmológicos e respectivas consequências para a evolução do Universo*
- *Compreender a relevância de campos escalares em cosmologia, em particular na resolução de alguns dos problemas do modelo cosmológico padrão*
- *Compreender a evolução linear e não linear de flutuações de densidade de matéria em diferentes eras e escalas*
- *Compreender os mecanismos responsáveis pelas anisotropias da radiação cósmica de fundo*
- *Descrever a evidência observacional para a existência de matéria e energia escura*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *Understand the fundamental assumptions behind the standard cosmological model*
- *Deduce the equations that describe the dynamics of the Universe*
- *Describe the observational evidence of the standard cosmological model*
- *Understand the successes and limitations of the standard cosmological model*
- *Understand the thermodynamic processes most relevant in cosmology, in particular recombination and primordial nucleosynthesis*
- *Describe the observational constraints on cosmological parameters and their consequences for the evolution of the Universe*
- *Understand the relevance of scalar fields in cosmology, particularly in solving some of the problems of the standard cosmological model*
- *Understand the linear and nonlinear evolution of fluctuations in the density of matter in different eras and scales*
- *Understand the mechanisms responsible for the anisotropy of the cosmic microwave background*
- *Describe the observational evidence for dark matter and dark energy*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução*
 - *Revisão de conceitos em Relatividade Restrita e Geral*
 - *Princípio Cosmológico*
 - *Métrica de Friedmann-Robertson-Walker*
 - *Lei de Hubble*
 - *Equações de Friedmann e Raychaudhuri*
 - *Horizontes e distâncias cosmológicas e a idade do Universo*
2. *Universo primordial*
 - *Cronologia*
 - *Termodinâmica*
 - *Desacoplamento*
 - *Nucleossíntese primordial*
 - *Radiação cósmica de fundo de microondas*
3. *Inflação*
 - *Problemas do modelo cosmológico padrão*
 - *Modelos inflacionários*
4. *Formação de estrutura em larga escala no Universo*
 - *Evolução linear e não-linear de perturbações de densidade*
 - *Anisotropias na temperatura e polarização da radiação cósmica de fundo de microondas: efeito Sachs- Wolfe, oscilações acústicas de bariões*
 - *Estimação observacional de parâmetros cosmológicos*
5. *Matéria Escura e Energia Escura*
 - *Evidência observacional*
 - *Principais candidatos*
6. *Outros conceitos em Cosmologia*
 - *Braneworlds*
 - *Extensões da Relatividade Geral*
 - *Teoria de Cordas*

6.2.1.5. Syllabus:

1. *Introduction*
 - *Revision of concepts in Special and General Relativity*
 - *The cosmological principle*
 - *The Robertson-Walker metric*
 - *The Hubble Law*
 - *Friedmann and Raychaudhuri equations*

- *Cosmological horizons and distances and the age of the Universe*

2. *The primordial Universe*

- *Cronology*

- *Thermodynamics*

- *Decoupling*

- *Primordial nucleosynthesis*

- *The cosmic microwave background*

3. *Inflation*

- *Problems in the standard cosmological model*

- *Inflationary models*

4. *Large-scale structure formation in the Universe*

- *Linear and non-linear evolution of density perturbations*

- *Temperature and polarization anisotropies in the cosmic microwave background: Sachs-Wolfe effect and baryon acoustic oscillations*

- *Estimation of observational cosmological parameters*

5 - *Dark Matter and Dark Energy*

- *Observational evidence*

- *Prime candidates*

6 - *Other concepts in Cosmology*

- *Braneworlds*

- *Extensions of General Relativity*

- *String Theory*

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes compreender os resultados mais importantes e actuais em Cosmologia. Nomeadamente, a dinâmica do Universo em larga escala no contexto do modelo padrão em Cosmologia, os processos termodinâmicos e a influência de possíveis campos escalares no Universo primordial, a origem e evolução da estrutura em larga escala existente no Universo, as características da radiação cósmica de fundo no microondas, a evidência observacional, e impacto na dinâmica em larga escala do Universo, da existência duma componente de energia escura.

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

The syllabus was established, in terms of structure and sequencing, in order to enable the students to understand the most important current results in Cosmology. In particular, the large-scale dynamics of the Universe in the cosmological standard model, the thermodynamic processes and the influence of possible scalar fields in the early Universe, the origin and evolution of the large-scale structure in the Universe, the characteristics of the cosmic microwave background radiation, the observational evidence, and impact on the large-scale dynamics of the Universe, of the existence of a dark energy component.

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

As aulas são de índole teórico-prática, em que os conteúdos que fazem parte do programa são explicados e a sua aplicação exemplificada. A avaliação na unidade curricular de Cosmologia é composta por um exame final. A classificação final nesta unidade curricular será igual à classificação obtida no exame.

6.2.1.7. **Teaching methodologies (including evaluation):**

In the lecture classes the contents in the program are taught and their application clarified through examples. The assessment for the Cosmology lecture course consists of a final exam. The final classification in this course will be equal to the classification obtained in the final exam.

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

A metodologia de ensino permite abordar todo o conteúdo programático, quer através da exposição e discussão de conceitos quer através da exemplificação, para além de, através da interacção com os estudantes, permitir avaliar se estes estão a cumprir os objectivos de aprendizagem propostos. A planificação das aulas admite a flexibilidade necessária para abordar as dificuldades que possam surgir nos estudantes, quer a pedido destes quer por uma verificação da apreensão dos conteúdos através de perguntas dirigidas. O exame final permite avaliar globalmente se os objectivos de aprendizagem foram cumpridos.

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

The teaching methodologies allow for all of the syllabus to be covered, through the exposition and discussion of concepts as well as through exemplification. Further, through the interaction with the students, they also allow for an assessment of whether they are fulfilling the proposed learning outcomes. The planning of the lecture classes admits the necessary flexibility to approach any difficulties felt by the students, by their own request or

by verifying if the syllabus is being apprehended through directed questions. The final exam allows one to globally assess if the learning objectives were fulfilled.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Mo, H., Van B., & White, S. (2010). Galaxy formation and evolution. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
Coles, P., & Lucchin, F. (2002). Cosmology: The origin and evolution of cosmic structure. Chichester, Eng: John Wiley.
Liddle, A. R. (2003). An introduction to modern cosmology. Chichester: Wiley.
Roos, M. (2003). Introduction to cosmology. Chichester, West Sussex: Wiley.
Ryden, B. S. (2003). Introduction to cosmology. San Francisco: Addison-Wesley.
Weinberg, S. (2008). Cosmology. Oxford: Oxford University Press.
Dodelson, S. (2003). Modern cosmology. San Diego, California: Academic Press.
Peacock, J. A. (2010). Cosmological physics. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Mapa X - Estrutura e Evolução Estelar / Stellar Structure and Evolution

6.2.1.1. Unidade curricular:

Estrutura e Evolução Estelar / Stellar Structure and Evolution

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

Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro (42h TP)

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

Não aplicável.

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

O objetivo central é permitir a aprendizagem dos princípios fundamentais que estabelecem a estrutura interna e evolução das estrelas. Nesse sentido estuda-se em detalhe o que são as estrelas, quais as suas características mais importantes e como funcionam. É incluída uma formulação detalhada do problema físico-matemático, definindo-se as equações de estrutura e relações físicas complementares, bem como uma identificação cuidada das condições fronteira relevantes que determinam a solução com que se pretende representar as observações. Desta forma procura-se que o estudante possa aplicar os princípios apresentados às diversas fases da vida das estrelas, comparando os comportamentos esperados com as observações de forma a poder validar o modelo. Alguns tópicos de investigação ativa são abordados de forma a consolidar os conceitos e técnicas aprendidas, permitindo a discussão e avaliação da sua aplicação a casos concretos/reais.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main objective is to learn the fundamental principles that establish the internal structure and evolution of stars. To do so it is required to study in detail what are stars, their most important features and how stars work. A detailed formulation of the problem is covered by defining the equations of stellar structure and the physical relations, together with a careful identification of the relevant boundary conditions that determine the solution that represents the observations. Thus the student learns how to apply the physical principles to interpret the different phases of a star's life, using the observations to validate the model. Some topics of active research are addressed in order to consolidate the concepts and techniques being discussed, allowing the student to learn with applications to specific/real cases.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Observação de estrelas e enxames*
- 2. Equações de estrutura*
- 3. Física relevante para a estrutura e evolução estelar*
- 4. Descrição da estrutura interna de uma estrela e sua evolução*
- 5. Técnicas de estudo do interior solar/estelar*
- 6. Tópicos de investigação em curso e questões em aberto*

6.2.1.5. Syllabus:

- 1. Observation of stars and clusters*
- 2. Stellar structure equations*
- 3. Physical relations relevant for the stellar interior*
- 4. Description of the internal structure of a star and its evolution*
- 5. Methods for study of solar/stellar interior*
- 6. Ongoing research topics and open questions*

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

De forma a adquirir um conhecimento aprofundado dos princípios fundamentais da física estelar e de como os modelos construídos podem ser validados através das observações, o programa é definido incluindo-se a construção físico-matemática de modelos de estrutura e evolução estelar. Assim o programa tem componentes que estabelecem o modelo adotado e de que forma este faz previsões para o comportamento esperado das estrelas, sustentando a confrontação entre modelos e observações astronómicas para regimes não reproduzíveis em laboratório. O conteúdo do programa inclui não só a formulação teórica dos conceitos físicos fundamentais relevantes mas também a discussão detalhada da informação observacional de que dispomos e de como esta pode ser interpretada usando os modelos construídos.

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

In order to acquire a solid understanding of the fundamental principles of stellar physics and how stellar models can be validated with the observations, the program is defined including the physics and mathematical principles required by stellar structure and evolution models. The program includes the concepts required to construct the model and the discussion on how this model can predict the expected observational behavior of stars, supporting the confrontation between models and astronomical observations in regimes not available in the laboratory. Thus, the contents include not only the theoretical formulation of the relevant fundamental concepts but also the detailed discussion of the observational information that is available and how it can be interpreted using the models from the theoretical analysis.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os conteúdos são discutidos nas aulas através do uso do quadro e da projeção de gráficos. Na fase final há ainda a discussão de artigos. Nas aulas ao longo do semestre são ainda resolvidos exercícios propostos/exemplos das folhas de exercícios disponibilizadas e é dado apoio na preparação do trabalho individual. O material de suporte da unidade curricular é disponibilizado através do Aulas na Web, nomeadamente cópia dos slides usados, os exercícios propostos, enunciados de exames anteriores e as notas de estrutura e evolução estelar. Há um livro de referência que funciona como bibliografia principal, mas para alguns dos conteúdos usa-se bibliografia complementar e/ou artigos científicos. A avaliação é feita através de três itens: um exame escrito (14 valores); um trabalho individual escrito, incluindo uma apresentação oral aos colegas (5 valores); participação nas aulas validada pelos contributos para a discussão, dúvidas ou resolução de problemas (1 valor).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The contents are discussed in the class by using the blackboard and the projection of plots. In the final part there is the discussion of scientific articles. Along the semester some time is used to solve exercises/examples, made available in the lecture notes, and support is given for the preparation of the individual work. All course material is available through the Aulas na Web, including a copy of the slides used, the exercises, statements of previous exams, and the lecture notes for stellar structure and evolution. There is a reference book that is used as the primary reference, but for some itens complementary books and/or scientific articles are also provided. The evaluation is done using three items: a written exam (14 points); an individual written work, including an oral presentation to colleagues (5 points); participation in the class validated by contributions to the discussion, questions or problem solving (1 point).

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

O ensino é organizado de forma a permitir a aquisição do formalismo que está na base do funcionamento das estrelas (capítulos 2, 3 e 5), ao mesmo tempo que se desenvolve a capacidade de analisar as observações e interpretá-las com base no formalismo discutido (capítulos 1 e 4). Nesse sentido as aulas recorrem a uma combinação de discussão teórica da física, aplicações típicas da astronomia estelar e resolução de exercícios, pondo-se sempre ênfase na participação dos estudantes tal como previsto na avaliação. Na capítulo 6 procura-se usar tópicos ativos de investigação para reforçar a importância dos conceitos discutidos e permitir aos estudantes valorizar o que é aprendido nos vários capítulos, enquanto ferramenta necessária e útil para a investigação em física estelar.

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

Teaching is organized to enable the acquisition of the formalism that describe how stars work (Chapters 2, 3 and 5), while other components develop the capacity to analyze the observations and interpret them based on the formalism being discussed (chapters 1 and 4). To do so, the lectures are a combination of theoretical discussion of the physics, identification of typical applications of stellar astronomy, and problem solving, always with emphasis on the participation of the student. Chapter 6 seeks to use active research topics to reinforce the importance of the concepts discussed and to allow the student to recognize the value of what is learned in the various chapters, as a necessary and useful tool for research in stellar physics.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Kippenhahn, R., & Weigert, A. (1990). Stellar structure and evolution. Berlin: Springer-Verlag.
Clayton, D. D. (1983). Principles of stellar evolution and nucleosynthesis. Chicago: University of Chicago Press.
Hansen, C. J., & Kawaler, S. D. (1999). Stellar interiors: Physical principles, structure, and evolution. New York: Springer Verlag.
Coleção de artigos científicos recentes (disponibilizado no Aulas na Web), escolhidos como exemplos reais de aplicação dos tópicos abordados na unidade curricular, sendo escolhidos por terem um conteúdo representativo, útil e acessível, que está diretamente ligado aos itens do programa.
Ligações a vários recursos online através do Aulas na Web, que permita aos estudantes encontrar informação complementar e material de suporte relevante disponível na internet.

Mapa X - Data Mining I / Data Mining I**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Data Mining I / Data Mining I

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

Inês de Castro Dutra (42h TP)

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

Não aplicável.

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

Pretende-se que os(as) estudantes(as):

- 1. adquiram competências teóricas sobre metodologias de data mining,*
- 2. adquiram competências de desenvolvimento de SOFTWARE para tarefas de data mining,*
- 3. adquiram competências sobre a aplicação do data mining a problemas concretos.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Students should be able to:

- 1. acquire theoretical competences on data mining methodologies,*
- 2. acquire competences on the development of software for data mining tasks,*
- 3. acquire competences on the application of data mining to real problems.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução ao Data Mining*
 - Dados, modelos e padrões*
 - Tarefas de data mining*
 - Introdução ao processo de data mining*
- 2. Exploração e visualização de dados*
 - Sumariação de dados*
 - Visualização de dados*
- 3. Modelos descritivos*
 - Métodos de agrupamento*
 - Métodos de partições*
 - Métodos hierárquicos*
 - Detecção de casos raros*
- 4. Modelos de previsão*
 - Problemas de classificação e regressão*
 - Modelos matemáticos*
 - Regressão linear*
 - Naive Bayes*
 - k Vizinhos mais próximos*
 - Modelos baseados em regras*
 - Aprendizagem como procura*
 - Árvores de decisão*
 - Árvores de classificação*
 - Árvores de regressão*
 - Métodos de pruning*
 - Redes neuronais*
 - Máquinas de suporte vectorial*
 - Ensembles*
 - Bagging*

- Boosting, AdaBoost
- 5. Metodologias de avaliação/comparação de modelos
 - Medidas de avaliação
 - Métodos de obtenção de estimativas fiáveis
 - Métodos de comparação / testes de significância

6.2.1.5. Syllabus:

1. Introduction to Data Mining
 - Data, models and patterns
 - Data mining Tasks
 - Introduction to the data mining process
2. Exploratory analysis and data visualization
 - Summaries of data
 - Data Visualization
3. Descriptive Models
 - Clustering Methods
 - partitioning methods
 - hierarchical methods
 - detection of rare cases
4. Predictive Models
 - Classification and Regression
 - Mathematical Models
 - linear regression
 - Naive Bayes
 - k nearest neighbors
 - rule-based models
 - Learning as Search
 - Decision Trees
 - Classification Trees
 - Regression Trees
 - Pruning methods
 - Neural networks
 - Support Vector Machines
 - Ensembles
 - Bagging
 - Boosting, AdaBoost
5. Evaluation methods
 - evaluation metrics
 - methods to obtain reliable estimates
 - methods to compare models / significance tests

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

O programa da unidade curricular abrange aspectos teóricos e práticos de data mining, de forma que contribuirá para que os estudantes alcancem as competências necessárias para entender as técnicas e metodologias e aplicá-las em problemas concretos. As aulas teórico-práticas reforçam estas competências, dado que os estudantes terão que trabalhar em pequenos projetos para desenvolvimento de software na área de data mining, que implementa algumas das técnicas e metodologias apresentadas em aula.

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

The course program covers theoretical and practical aspects of data mining that will help students to achieve the necessary skills to understand the techniques and methodologies and apply them to real problems. The practical and theoretical-practical classes will reinforce these skills, since students will have to work on small projects developing software in the data mining area, which implements some of the techniques and methodologies presented in class.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular consiste de aulas teórico-práticas, incluindo uma componente expositiva e outra de índole mais prática. Problemas propostos e listas de exercícios serão disponibilizados durante o semestre. A avaliação da unidade curricular é distribuída, sem exame final, composta por dois testes teóricos durante o semestre e um trabalho prático no final do semestre.

*O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula: $NF = 0.65 * N_{\text{teórica}} + 0.35 * N_{\text{prática}}$*

em que,

$N_{\text{teórica}}$ é a média das notas nos dois testes teóricos e $N_{\text{prática}}$ é dada pela realização de um trabalho prático.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The discipline consists of theoretical and practical classes. Proposed problems and small assignments will be available during the semester. The evaluation is distributed without a final exam, and consists of two theoretical assessments during the semester and a practical assignment (project) to be handed in the end of the semester. Grading will be done by the following formula:

$$NF = 0.65 * N_{\text{Teórica}} + 0.35 * N_{\text{Prática}}$$
where,
N_{Teórica} is the average of the 2 theoretical assessments, and N_{Prática} is given by the evaluation of the practical project.

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

A unidade curricular consiste de aulas teórico-práticas, incluindo uma componente expositiva e outra de índole mais prática. Através da componente mais teórica pretende-se que os estudantes adquiram competências sobre metodologias de data mining. A resolução de problemas e exercícios propostos ajudarão nesse propósito. Através da componente prática pretende-se que os estudantes consolidem as competências adquiridas através da componente teórica, adquiram capacidade para desenvolverem algoritmos que implementem tarefas relacionadas com data mining, e os apliquem a problemas concretos.

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

The curricular unit consists of theoretical-practical lecture classes, including an expositive part and another component of a more practical nature. Through the more theoretical component it is intended that students acquire skills on data mining methodologies. The resolution of problems and proposed exercises will help with this purpose. The objective of the practical component is to consolidate the skills acquired through the theoretical component, and develop the capacity to design algorithms that implement tasks related to data mining, and apply them to concrete problems .

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining - Concepts and techniques (3rd ed.). Waltham, MA: Elsevier. Flach, P. (2012). Machine Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Mapa X - Geologia Global / Global Geology**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Geologia Global / Global Geology

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

Fernando Manuel Pereira de Noronha (56h TP)

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

Não aplicável.

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

A unidade curricular de Geologia Global tem como objetivo fundamental fornecer uma imagem integrada do modo de funcionamento e evolução do planeta Terra ao longo do tempo geológico.

A concretização do objetivo anteriormente enunciado é possível através do desenvolvimento das seguintes competências, aqui considerados como objectivos parciais:

- saber caracterizar a variabilidade composicional da crosta;*
- compreender e saber utilizar os conceitos de dinâmica global;*
- saber interpretar, à luz dos processos de tectónica de placas a génese dos diferentes tipos de rochas e em particular a das concentrações geoquímicas anómalas que correspondem a jazigos minerais.*
- identificar e compreender os processos de energia e transferência de massa no interior da Terra através de sua história.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The course Global Geology aims to build an integrated image of the functioning and evolution of Earth through geological times.

The accomplishment of these objectives is possible through the development of the following competences, here considered as partial objectives:

- To be able to characterize the compositional variability of the crust and the mantle;*
- To understand and use the concepts of global geodynamics;*
- To interpret, focussing on the processes of plate tectonics, the genesis of the different rock types and*

anomalous geochemical concentrations;

-To identify and understand the processes of energy and mass transfer inside Earth through its history.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Estrutura e evolução da Terra.

Teoria da Tectónica de Placas

Subducção e a reciclagem de materiais crostais

Modelos de evolução mantélica.

O ciclo litológico à luz dos processos de tectónica de placas

O ciclo de Wilson

Diversidade dos basaltos. Os isótopos de Pb como marcadores. A origem das Ilhas Oceânicas. Granitos como marcadores de processos crustais.

Contexto geotectónico da Península Ibérica no Paleozoico médio e superior.

Os jazigos minerais como marcadores de enquadramentos geotectónicos específicos.

6.2.1.5. Syllabus:

Structure and evolution of the Earth Plate tectonic theory

Subduction and the recycling of the crust Models of mantle evolution

Lithological cycle and plate tectonics

The Wilson cycle

Basalt diversity. The Pb isotopes as markers. Origin of Oceanic Islands. Geotectonic context of Iberian Peninsula during the Paleozoic.

Ore deposits as markers of different geotectonic environments

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

Os conteúdos programáticos, não podendo exaustivamente abordar toda a complexidade da problemática inerente à Geologia Global, tocam em todos os pontos fundamentais para a criação de um conhecimento global sobre o assunto em causa, permitindo ainda desenvolver nos estudantes capacidades para aprofundar cada uma destas temáticas conforme o âmbito da sua intervenção (investigação científica ou intervenção no terreno). Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes a aquisição no geral duma imagem integrada do modo de funcionamento e evolução do planeta Terra ao longo do tempo geológico, e em particular da capacidade para caracterizar a variabilidade composicional da crosta e saber interpretar, à luz dos processos de tectónica de placas, a génese dos diferentes tipos de rochas. Os conteúdos programáticos estão ainda pensados no sentido de despertar a sensibilidade e o espírito crítico do estudante.

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

The contents of the syllabus, while not comprehensively addressing all of the complexity and magnitude of the problems inherent to Global Geology, address the main key points in order to create a broad understanding of the topic, while allowing students to develop capabilities to deepen their knowledge according to their intervening area, be that scientific research, policy or field work. The syllabus was established, in its structure and sequencing, in order to enable students to acquire, in general, an integrated image of the evolution of Earth over geologic time, and, in particular, the ability to characterize the compositional variability of Earth's crust and to interpret, in the light of the processes associated with plate tectonics, the genesis of different types of rocks. The contents were also thought in order to arouse sensitivity and a critical capacity in the students.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Todas as aulas são teórico-práticas e consistem de uma parte teórica expositiva e de uma outra em que o estudante procede à análise crítica de artigos científicos relacionados com o tema da aula. Em complemento, o estudante deve realizar um trabalho escrito que consiste numa síntese, que não deve exceder 2000 palavras, sobre um artigo científico à sua escolha mas cujo assunto esteja relacionado com a matéria da unidade curricular.

A obtenção de frequência na unidade curricular implica que o número limite de faltas não exceda 25% do número de todas as aulas realizadas, uma vez que são de índole teórico-prática.

As classificações obtidas no exame final e no trabalho escrito têm um peso de 70% e 30%, respectivamente, na classificação final.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

All classes are theoretical-practical and consist of a theoretical exposition part and a more practical one in which the student carries out the critical analysis of scientific articles related to the topic of the lesson. In addition, the student must do a written work consisting in a synthesis, which should not exceed 2000 words, of a scientific paper of his/her choice but whose subject is related to the contents of the course.

Obtaining frequency in this curricular unit implies that the absence limit cannot exceed 25% of the number of all lecture classes held, since they are theoretical-practical in nature.

The classifications obtained in the final exam and written work have a weight of 70% and 30 %, respectively, in the final classification.

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

A metodologia de ensino permite abordar todo o conteúdo programático, quer através da exposição e discussão de conceitos quer através da exemplificação, para além de, através da interacção com os estudantes, permitir avaliar se estes estão a cumprir os objectivos de aprendizagem propostos. Nesta unidade curricular, visa-se sobretudo transmitir conhecimentos gerais sobre a problemática em apreço e aplicar esses conhecimentos de forma prática, pelo que a abordagem teórica e prática, sustentada na exposição de casos reais, nomeadamente aplicada a jazigos minerais, se afigura a mais adequada. O exame final permite avaliar globalmente se os objectivos de aprendizagem foram cumpridos, e a apresentação do trabalho permite aferir se os estudantes são capazes de aprofundar a sua compreensão de diferentes aspectos do modo de funcionamento e evolução do planeta Terra ao longo do tempo geológico.

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

The teaching methodologies allow for all of the syllabus to be covered, through the exposition and discussion of concepts as well as through exemplification. Further, through the interaction with the students, they also allow for an assessment of whether they are fulfilling the proposed learning outcomes. This curricular unit aims to communicate specific knowledge about the issues at hand and apply this knowledge in a practical way, so that the theoretical and practical approach, sustained on real case work, seems more appropriate. The final exam allows an overall assessment of whether the learning objectives have been met, and the presentation of the project allows for the assessment of whether students are able to deepen their understanding of different aspects of the functioning and evolution of Earth through geological times.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., & Kullberg, J.C. (2013). Geologia de Portugal. Escolar Editora.
Neiva, J.M.C., Ribeiro, A., Victor, L. M., Noronha, F., & Ramalho, M.M. (2010). Ciências Geológicas: Ensino, Investigação e sua História. Associação Portuguesa de Geólogos (APG).
Fowler, C.M.R. (2006). The solid earth: An introduction to global geophysics. Cambridge: Cambridge University Press*

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):

André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal (56h TP)

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

Não aplicável.

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

Esta unidade curricular apresenta os principais conceitos e técnicas de análise e processamento digital de imagem. O objetivo é que no final da unidade curricular os estudantes sejam capazes de planejar e implementar algoritmos para a extração de informação a partir de imagens. A orientação da unidade curricular privilegia a compreensão dos conceitos e métodos e a sua utilização efetiva na análise de dados simulados e experimentais. Será feita uma utilização intensiva de meios computacionais avançados (MATLAB).

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The course presents the main concepts and techniques of digital image processing and analysis. The main goal is that in the end of the course the students will be able to plan and implement algorithms for information extraction from images.

The course orientation focus on the understanding of concepts and methods, and its effective use in synthetic and experimental data analysis. The course makes an extensive use of advance computational tools (MATLAB).

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Conceitos básicos de processamento digital de imagem. Exemplos de aplicações.*
- 2. Processamento de imagem no MATLAB.*
- 3. Operações pontuais, filtros espaciais, redução de ruído.*

4. Modelos de representação de cor.
5. Segmentação de imagem.
6. Operadores morfológicos.
7. Classificação automática de imagens multi-espectrais.
8. Correções geométricas e referenciação de imagens.
9. Processamento de imagem no espaço de frequências.
10. Representação e reconhecimento de objetos.
11. Transformadas (Hough, Radon, etc.)

6.2.1.5. Syllabus:

1. Basic concepts of Digital Image Processing. Application examples.
2. Image processing in MATLAB.
3. Point operations, spatial filtering, noise removal.
4. Color representation models.
5. Image segmentation.
6. Morphological operators.
7. Multi-spectral image classification.
8. Geometric correction and image alignment.
9. Image processing in the frequency domain.
10. Representation and object recognition.
11. Transforms (Hough, Radon, etc.)

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

Os tópicos que fazem parte do programa da unidade curricular cobrem uma vasta gama de técnicas e ferramentas de processamento de imagem, com dificuldade crescente, e que devem permitir que os estudantes no final da unidade curricular sejam capazes de planear e implementar algoritmos para a extração de informação a partir de imagens.

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

The topics in the course syllabus cover a vast range of techniques and image processing tools, of increasing difficulty, which should allow the students, at the end of the course, to be able to plan and implement algorithms for information extraction from images.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas são todas do tipo teórico-prática (TP). Algumas aulas consistirão na apresentação de matéria teórica, ilustrada com exemplos variados, e outras aulas serão dedicadas à resolução de problemas e realização de projetos, com uma forte componente de computação em ambiente MATLAB (Matlab - Image processing Toolbox).

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final (oral).

Condições de Frequência: Realização dos trabalhos práticos/projetos, com entrega dos respetivos relatórios dentro dos prazos fixados, e com classificação não inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).

Fórmula de avaliação: A classificação final será determinada com base no desempenho nas aulas práticas (50%) e no projeto individual (50%), não podendo nenhuma destas componentes ser inferior a 40% da cotação correspondente (8 valores na escala 0-20).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The classes are all of type theoretical-practical (TP). Some classes are used to present concepts and methods, illustrated with a variety of examples, whereas others are used to for the resolution of problems and projects, with a strong computational component in a laboratorial environment using MATLAB (Matlab - Image processing Toolbox).

Type of evaluation: Distributed evaluation with final exam (oral).

Terms of frequency: The practical assignments are compulsory, with corresponding submission of programs/scripts/reports required within the fixed schedules, and with a minimum level of 40% (8 marks on a 0-20 scale).

Evaluation formula: The course final mark will be based on a continuous component and practical assignment (50%) and the individual project (50%), with both components having to reach a minimum level of 40% (8 marks on a 0-20 scale).

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

Os trabalhos práticos contêm uma variedade de exercícios propostos, usando dados simulados e experimentais. Estes exercícios cobrem a gama de tópicos e métodos apresentados na unidade curricular, tendo vários níveis de dificuldade. O nível de autonomia esperado dos estudantes é também variado (crescente), o que deverá conduzir à obtenção dos objetivos da unidade curricular no final do semestre.

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

The practical assignment contain a variety of proposed exercises, using both synthetic and experimental data. These exercises cover the range of topics and methods presented in the course, and have various levels of difficulty. The level of autonomy expected from the student is also varied (increasing), which should lead to the achievement of the course objectives in the end of the semester.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Gonzalez, R. C., Woods, & R. E., Eddins, S. L. (2004). *Digital image processing using MATLAB*. Prentice Hall.
 Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital image processing*. Prentice Hall.
 Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (2008). *Image processing, analysis, and machine vision*. Thomson Learning.
 Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: algorithms and applications*. Springer.

Mapa X - Equações em Derivadas Parciais / Partial Differential Equations**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Equações em Derivadas Parciais / Partial Differential Equations

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

Carlos Miguel de Menezes (56h TP)

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

Não aplicável.

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

Pretende-se que o estudante adquira técnicas fundamentais para o estudo das equações em derivadas parciais, incluindo algumas das equações em derivadas parciais clássicas, nomeadamente: quasilineares de primeira ordem; lineares com coeficientes constantes; elíticas, parabólicas e hiperbólicas de segunda ordem. do ponto de vista prático, pretende-se que o estudante consiga resolver as equações de Laplace, de Poisson, do calor e de onda.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

It is intended that the student acquires fundamental techniques for the study of partial differential equations, including some of the classical partial differential equations, namely: quasi-linear of first order; linear with constant coefficients; second order linear elliptic, parabolic and hyperbolic. From a practical point of view, it is intended that the student learns how to solve the Laplace, Poisson, wave and heat equations.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Equações em derivadas parciais não lineares de primeira ordem. O problema de Cauchy e as suas soluções pelo método das caraterísticas. Teorema de Cauchy-Kovaleskaya, Teorema de Holmgren. Equações em derivadas parciais quasilineares de primeira ordem. Problema de Cauchy para a equação de Hamilton-Jacobi. Teoria de distribuições. Transformação de Fourier de distribuições temperadas. Soluções fundamentais de equações em derivadas parciais lineares com coeficientes constantes. A equações de Laplace, de Poisson, do calor e de onda. Espaços de Sobolev. Equações em derivadas parciais lineares elíticas, parabólicas e hiperbólicas de segunda ordem.

6.2.1.5. Syllabus:

Non linear partial differential equations of first order. Cauchy's problem and the method of characteristics. Theorem of Cauchy-Kovaleskaya, Theorem of Holmgren. Quasi-linear partial differential equation of first order. Cauchy's problem for the Hamilton-Jacobi equation. Schwartz theory of distributions. Fourier transform of Tempered distributions. Fundamental solutions of linear partial differential equations with constant coefficients. Laplace, Poisson, Wave and Heat equations. Sobolev Spaces. Second order linear elliptic, parabolic and hyperbolic partial differential equations.

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

Os conteúdos programáticos foram escolhidos de modo a permitir aos estudantes o desenvolvimento da sua capacidade de utilização de técnicas fundamentais para o estudo das equações em derivadas parciais, incluindo equações quasilineares de primeira ordem, equações lineares com coeficientes constantes, e equações elíticas, parabólicas e hiperbólicas de segunda ordem. É atribuída particular ênfase à aquisição de competências que permitam a resolução de equações importantes em diversas áreas científicas como são o caso das equações de Laplace, de Poisson, do calor e de onda.

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

The syllabus was chosen to enable students to develop their ability to use fundamental techniques for the study of partial differential equations, including quasi-linear equations of first order, linear equations with constant coefficients, and second order linear elliptic, parabolic and hyperbolic equations. It is given particular emphasis to the acquisition of skills that allow the resolution of important equations in several scientific areas as is the case of the Laplace, Poisson, wave and heat equations.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição por parte do professor dos conteúdos programáticos e resolução pelos estudantes de exercícios propostos.

Tipo de Avaliação: Exame final.

Fórmula de avaliação: A classificação no exame final corresponde à classificação atribuída ao estudante.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures given by the teacher and work by the students on the resolution of the exercises proposed by the teacher.

Type of evaluation: Final Exam.

Formula for final classification: Final mark (classification) is the mark (classification) obtained in the final exam.

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

A exposição dos vários tópicos é organizada de acordo com o programa a cumprir e os objetivos a alcançar, recorrendo-se a exemplos e a aplicações que ajudam a orientar o estudante no seu estudo autónomo. Os estudantes são estimulados a trabalhar com antecedência os problemas e modelos que vão ser analisados nas aulas.

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

The presentation of the topics is organized according to the syllabus and the learning outcomes; examples and applications are used to help guide the student in autonomous study. Students are encouraged to study in advance the models and problems to be analysed in the classes.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Evans, L. C. (2010). Partial differential equations (2nd ed.). American Mathematical Society Ed.

Taylor, M. E. (2011). Partial differential equations I. Basic Theory (2nd ed.). Springer.

Menezes, C. Notas de aula sobre Equações em Derivadas Parciais

Mapa X - Simulação e Computação Científica / Simulation and Scientific Computing**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Simulação e Computação Científica / Simulation and Scientific Computing

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

Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha (28h TP)

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

Sílvio Marques de Almeida Gama (28h TP)

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

O estudante deverá ser capaz de:

- Identificar problemas, construir modelos e desenvolver projetos de simulação computacional baseados em técnicas estocásticas e métodos de Monte Carlo.

- Conhecer e aplicar princípios da geração de variáveis aleatórias e da integração de Monte Carlo, incluindo análise de resultados e controlo da variância. Compreender e aplicar métodos de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC).

- Compreender os princípios do cálculo estocástico. Estudar problemas modelados por equações diferenciais estocásticas envolvendo, em particular, equações de difusão e de Langevin.

- Aplicar de forma crítica os métodos estudados na análise de dados de sistemas complexos em várias áreas, como biologia e medicina, economia e finanças, fenómenos físicos e ambiente, etc.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The student should be able to:

- *Identify problems, build models and develop computer simulation projects based on stochastic techniques and Monte Carlo methods.*
- *Know and apply the principles of generation of random variables and integration of Monte Carlo, with results analysis and control of the variance. Understand and apply Monte Carlo methods via Markov Chain (MCMC).*
- *Understand the principles of stochastic calculus. Study problems modeled by stochastic differential equations, in particular, involving diffusion and Langevin equations.*
- *Apply critically the methods studied in the data analysis of complex systems in various areas such as biology and medicine, economics and finance, physical phenomena and the environment.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Introdução à simulação e computação estatística. Revisão geral e aplicação de métodos de Monte Carlo: dos algoritmos de geração de números aleatórios e integração de Monte Carlo, aos métodos Monte Carlo via cadeias de Markov. Algoritmos de Metropolis-Hastings e Gibbs, incluindo análise de convergência. Introdução computacional a problemas estocásticos. Casos de estudo selecionados sobre o movimento Browniano, o processo de Wiener, a equação Langevin, a equação de difusão, a equação de Fick.

6.2.1.5. Syllabus:

Introduction to statistical simulation and computation. Comprehensive hands-on excursion of Monte Carlo methods: from random number generation algorithms and Monte Carlo integration, to Markov Chain Monte Carlo. Metropolis-Hastings and Gibbs algorithms, including convergence monitoring. Computational introduction to stochastic problems: selected case studies and applications from Brownian motion, the Wiener process, the Langevin equation, the diffusion equation, Fick's equation.

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

Do programa constam várias ferramentas para simulação estatística e a introdução à modelação e análise de sistemas estocásticos em áreas diversificadas. A orientação da unidade curricular privilegia a compreensão dos métodos estudados e a sua aplicação a áreas interdisciplinares usando dados simulados ou reais. Os métodos são apresentados através de exemplos concretos. Para além disso, os estudantes devem desenvolver, quer nas aulas quer fora delas, projetos computacionais de aplicação das metodologias estudadas envolvendo, sempre que adequado, situações complexas do mundo real.

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

The program includes several tools for the statistical simulation and the introduction to modeling and analysis of stochastic systems in various areas. Special attention is given to the understanding of concepts and methods and to its application in interdisciplinary areas using simulated or real data. Each method is introduced with concrete examples. In addition, the students should develop, in and out of lecture room, computational projects where the introduced methodologies are applied involving, whenever adequate, complex real world situations.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas (TP) para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial (MATLAB, R). Avaliação distribuída com exame final. A classificação final é obtida através das classificações do exame final escrito e dos trabalhos práticos/projeto, cada com um peso respectivo de 20% e 80% (dos quais, 50% correspondem ao relatório escrito e 30% à sua apresentação oral).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical (TP) lectures where the topics are presented and illustrated. Problems/projects with strong laboratorial computation component (MATLAB, R). Distributed evaluation with final exam. The final classification is obtained through the classifications obtained in the final written exam and in the practical work / project, each with a respective weight of 20 % and 80 % (of which, 50 % corresponds to the written report and 30% to its oral presentation).

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

Aulas teórico-práticas de acordo com o programa e os objetivos a alcançar, para apresentação da matéria, ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial em MATLAB e R. A unidade curricular tem uma forte componente prática e as aulas laboratoriais em computadores são essenciais. Os projetos computacionais permitem a consolidação e a aplicação crítica dos conteúdos programáticos.

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

Theoretical-practical (TP) lectures organized in accordance with the syllabus and the intended outcomes to

present and illustrate the topics. Problems/projects with strong laboratorial computation component using MATLAB and R. The curricular unit has a strong practical component and classes with computers are essential. The computational projects allow the consolidation and critical application of the syllabus topics.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Robert, C. P., & Cassela, G. (2010). Introducing Monte Carlo methods with R. Springer.
Kroese, D. P., Taimre, T., & Botev, Z. I. (2011). Handbook of Monte Carlo methods. John Wiley & Sons. Papoulis, A., & Pillai, S. U. (2002). Probability, random variables, and stochastic processes (4th ed.). McGraw- Hill.
Evans, L. C. (2013). An introduction to stochastic differential equations. American Mathematical Society.

Mapa X - Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing

6.2.1.1. Unidade curricular:

Análise Estatística e Processamento de Sinal / Statistical Analysis and Signal Processing

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

Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha (28h TP)

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

Rute Alexandra Borges de Almeida (28h TP)

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

O estudante deverá ser capaz de:

- rever tópicos essenciais de processamento digital de sinal, incluindo a amostragem e a utilização de transformadas.*
- caracterizar sinais aleatórios discretos nos domínios do tempo, frequência e tempo-frequência/escala, formular modelos adequados, estimar os parâmetros e avaliar a qualidade das estimativas.*
- usar a teoria de estimação linear ótima, filtragem de Kalman e de Wiener, na resolução de problemas em áreas técnicas, como telecomunicações e processamento de sinal, mas também noutras disciplinas como finanças e estatística.*
- usar os algoritmos de processamento de sinal adaptativo para extrair informação relevante de sinais em ruído: ênfase em algoritmos recursivos para sinais e sistemas variantes no tempo, aplicação em casos de estudo variados como finanças e aplicações biomédicas.*
- selecionar de forma crítica os métodos a aplicar em casos de estudo concretos e interpretar os resultados obtidos.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The student should be able to:

- review essential discrete-time signal processing topics, including sampling effect and transforms. - characterize random signals in time, frequency and time-frequency/scale domain, formulate suitable models, estimate the parameters, and evaluate the quality of the estimates.*
- use linear estimation theory, optimal linear estimation, Kalman and Wiener filtering, to solve estimation problems with applications in several technical disciplines, for example in telecommunications and signal processing but also in other disciplines, such as econometrics and statistics.*
- use adaptive signal processing algorithms for extracting relevant information from noisy signals: emphasis is on recursive, model based estimation methods for time-variant signals and systems. Applications in, for example, communications, finance and medicine are discussed.*
- critically select the methods for each concrete case study with interpretation of the obtained results.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Processos estocásticos em tempo discreto. Caracterização e análise nos domínios do tempo e frequência. Estacionariedade e ergodicidade. Modelos lineares. Análise espectral paramétrica e não paramétrica. Introdução à análise em tempo-frequência/escala e wavelets. Fundamentos de processamento de sinal ótimo e adaptativo. Algoritmos de mínimos quadrados e recursivos. Introdução a novos paradigmas na análise estatística de sinais.
Aplicação e ilustração dos métodos e algoritmos estudados a casos de estudo.

6.2.1.5. Syllabus:

Random discrete time processes. Characterization in time and frequency domains. Stationarity and ergodicity. Linear models. Parametric and non-parametric spectral analysis. Introduction to time-frequency/scale analysis and wavelets. Optimal and adaptive signal processing fundamentals. Least mean squares and recursive algorithms. Introduction to novel paradigms in statistical signal processing. Applications/illustrations of the

methods to case studies.

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes adquirirem competências na utilização das técnicas mais importantes utilizadas no processamento estatístico de sinal, nomeadamente em áreas tão diversas como telecomunicações, finanças e medicina. Resulta daqui a presença nos conteúdos programáticos de tópicos como caracterização e análise de sinal nos domínios do tempo e frequência, análise espectral paramétrica e não paramétrica, em tempo-frequência/escala e wavelets. Cada método é apresentado com exemplos que são resolvidos na aula para que o estudante possa compreender bem os exemplos e a sua resolução, e consiga desenvolver, quer na aula quer fora dela, projetos computacionais de aplicação das metodologias estudadas ao mundo real.

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

The syllabus was established, in structure and sequencing, in order to enable students to acquire skills in the use of the most important techniques used in statistical signal processing, particularly in areas as diverse as telecommunications, finance and medicine. This results in the presence in the syllabus of topics like characterization and signal analysis in the time and frequency domains, parametric and non-parametric spectral analysis, in the time-frequency/scale and wavelets. Each method is introduced with examples that are solved in class so that the student has a good understanding of the examples and of their solution, and can develop, in and out of class, computational projects where the methodologies introduced are applied to real datasets.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial em MATLAB (ou R). Avaliação distribuída, incluindo uma componente de avaliação contínua a partir de trabalhos e um projeto final a ser apresentado oralmente e na forma de relatório técnico. A avaliação da componente de projecto inclui a discussão, a apresentação final e o relatório escrito.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical lectures to present and illustrate the topics. Problems/projects with strong laboratorial computation component using MATLAB (or R). Continuous evaluation from work assignments and a final project to be orally presented and in the form of a technical report. The final project evaluation includes its discussion, final presentation and written report.

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

Aulas teórico-práticas para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial em MATLAB (ou R). A unidade curricular tem uma forte componente prática e as aulas laboratoriais em computadores são essenciais. Os projetos motivam a consolidação da aplicação dos métodos estudados ao mundo real. O exame permite a consolidação e a recapitulação dos conhecimentos adquiridos.

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

Theoretical-practical lectures to present and illustrate the topics. Problems/projects with strong laboratorial computation component using MATLAB (or R). The curricular unit has a strong practical component and classes with computers will be essential. In projects, students must independently solve the problems proposed and discuss with the teacher the results being obtained. The final exam enhances the consolidation and revision of acquired knowledge.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Manolakis, D. G., Ingle, V. K., Kogan, S. M. (2007). Statistical and adaptive signal processing: spectral estimation, signal modeling, adaptive filtering, and array processing. Artech House.
Shiavi, R. (2007). Applied statistical signal analysis (3rd ed.). Academic Press.
Hayes, M. H. (2007). Statistical digital signal processing and modeling. Wiley.
Semmlow, J. L., Griffel, B. (2014). Biosignal and medical image processing. CRC Press.
Diniz, P. S. R. (2013). Adaptive filtering: algorithms and practical implementation (4th ed.). Springer.
Kay, S. M. (2013). Fundamentals of statistical signal processing, vol III: practical algorithm development. Prentice Hall.*

Mapa X - Métodos Estatísticos em Data Mining / Statistical Methods in Data Mining**6.2.1.1. Unidade curricular:**

Métodos Estatísticos em Data Mining / Statistical Methods in Data Mining

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

Joaquim Pinto da Costa (56h TP)

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

Não aplicável.

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

O estudante deverá ser capaz de:

- reconhecer diferentes problemas de classificação não supervisionada e classificação supervisionada e de os resolver empregando os métodos abordados e com recurso ao software R.*
- preparar, resolver e apresentar projetos computacionais de data mining, onde os vários modelos apresentados são discutidos, avaliados e comparados perante casos concretos.*
- resolver exercícios computacionais e não computacionais sobre as metodologias abordadas.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The student should be able to:

- recognize different problems of supervised and unsupervised classification solvable through the use of data mining methods discussed and with the use of R software.*
- prepare, solve and present data mining computational projects where the various models introduced are discussed, validated and compared in real datasets.*
- solve computational and non computational problems about the studied methodologies.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Introdução e formulação de um problema de classificação supervisionada e não supervisionada; alguns exemplos de aplicação. Breve resumo de vetores aleatórios. Distribuição normal multivariada. Análise em componentes principais (ACP). Análise classificatória: métodos hierárquicos e não hierárquicos. Teoria da decisão estatística. Análise discriminante linear e quadrática. Regressão logística. Árvores de decisão e de regressão; poda custo-complexidade. Redes Neurais. Estimção não paramétrica de funções densidade de probabilidade: método do núcleo e dos K vizinhos mais próximos. Desenvolvimentos recentes do método do núcleo: máquinas de vetores de suporte.

6.2.1.5. Syllabus:

Introduction and exemplification of a supervised and an unsupervised classification problem. Summary on random vectors. Multivariate normal distribution function. Principal component analysis. Clustering: hierarchical and non-hierarchical methods. Statistical decision theory. Linear and quadratic discriminant analysis. Logistic regression. Classification and regression trees; cost-complexity pruning. Neural networks. Non-parametric density estimation: Kernel and K-NN methods. Recent developments of kernel methods: support vector machines.

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

Os conteúdos programáticos foram estabelecidos, na sua estrutura e sequenciamento, de modo a permitir aos estudantes adquirirem competências na utilização das técnicas mais importantes utilizadas na análise classificatória, análise discriminante e de redução da dimensão. Resulta daqui a presença nos conteúdos programáticos de tópicos como análise em componentes principais, métodos hierárquicos e não-hierárquicos em análise classificatória, análise discriminante linear e quadrática, regressão logística, árvores de decisão e de regressão, redes neuronais, estimção não paramétrica de funções densidade de probabilidade. Cada método é apresentado com exemplos que são resolvidos na aula de forma a que o estudante possa compreender bem os exemplos e a sua resolução. É também proposto um caderno de exercícios para resolver na aula. Para além disso o estudante deve desenvolver, quer na aula quer fora da aula, projetos computacionais de aplicação das metodologias estudadas ao mundo real.

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

The syllabus was established, in structure and sequencing, in order to enable students to acquire skills in the use of the most important techniques used in clustering, discriminant analysis and dimension reduction. This results in the presence in the syllabus of topics like principal component analysis, hierarchical and non-hierarchical methods in clustering, linear and quadratic discriminant analysis, logistic regression, classification and regression trees, neural networks, non-parametric density estimation. Each method is introduced with examples that are solved in class so that the student have a good understanding of the examples and of their

solution. An exercise book is also given to solve in class. In addition, the student must also develop, in class and out of class, computational projects where the methodologies introduced are applied to real datasets.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados. Avaliação distribuída com exame final, incluindo uma componente de avaliação contínua baseada em projetos computacionais. No cálculo da classificação final o exame final tem um peso de 40% e a componente contínua tem um peso de 60%. Em cada componente é necessário obter uma classificação mínima de 7 valores em 20.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical classes to present the contents of the syllabus illustrated with different examples. Distributed evaluation with final exam, including an continuous evaluation component based on computational projects. In calculating the final classification, the final exam has a weight of 40% and the continuous evaluation component has a weight of 60%. In each component it is necessary to obtain a minimum score of 7 out of 20.

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

As aulas teórico-práticas serão organizadas numa componente teórica e noutra mais prática. A componente teórica fornece os conceitos. Ali também se fornecem exemplos de resolução de problemas. Na componente mais prática são feitos exercícios de aplicação dos conceitos e dos métodos estudados. Nos projetos os estudantes devem autonomamente resolver os problemas propostos e ir discutindo com o docente os resultados. Os projetos motivam a consolidação da aplicação dos métodos estudados ao mundo real. O exame motiva a consolidação e a recapitulação dos conhecimentos teóricos.

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

The lectures have a theoretical and a practical component. In the theoretical component the teacher provides the concepts as well as examples of problem solving situations. In the practical component of classes, exercises are done applying the concepts and methodologies. In assignments, students must independently solve the problems proposed and discuss with the teacher the results being obtained. The final exam motivates the consolidation and revision of theoretical knowledge.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2000). Pattern classification (2nd ed.). John-Wiley & Sons.
Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning (2nd ed.). Springer.
Hand, D. J., Mannila, H., & Smyth, P. (2001). Principles of Data Mining. The MIT Press.*

Mapa X - Processos Estocásticos e Aplicações / Stochastic Processes and Applications

6.2.1.1. Unidade curricular:

Processos Estocásticos e Aplicações / Stochastic Processes and Applications

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

Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha (28h TP)

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

Rute Alexandra Borges de Almeida (28h TP)

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

O estudante deverá ser capaz de:

- *Caracterizar variáveis aleatórias multivariadas (distribuições, parâmetros e transformações). Usar a função característica e analisar convergência estocástica.*
- *Caracterizar/classificar um processo estocástico (p.e.): estacionariedade, ergodicidade e estimação. Fazer a caracterização simples/conjunta de p.e. estacionários em sentido lato (e o seu processamento), nos domínios do tempo e da frequência: autocorrelação, correlação cruzada, densidade espectral e coerência.*
- *Caracterizar modelos variados: p.e. de incrementos independentes e/ou estacionários, de Bernoulli e Gaussianos, de Poisson e dele derivados e de Wiener.*
- *Analisar cadeias de Markov, estudar o comportamento transitório, a existência de distribuições limites/estacionárias.*
- *Aplicar e ilustrar os resultados estudados usando as ferramentas adequadas em problemas ou casos de estudo concretos com capacidade de interpretação crítica dos resultados.*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The student should be able to:

- *Characterize multivariate random variables (distributions, parameters and transformations). Use the characteristic function and study stochastic convergence.*
- *Characterize/classify stochastic processes (s.p.): stationarity, ergodicity and estimation. Simple and joint characterization of wide sense stationary s.p. in time and frequency domain and auto and cross correlation, spectral density and coherency.*
- *Characterize stochastic modeling: independent/stationary increments, Bernoulli, Gaussian, Poisson, Wiener s.p.*
- *Analyse Markov chain analysis: transient and limit behavior.*
- *Perform application and simulation of the learnt methods using the adequate tools in problems or concrete case studies with critical interpretation of the obtained results.*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Distribuições multivariadas, função característica, convergência estocástica.

Processos estocásticos. Descrição nos domínios do tempo e da frequência. Caracterização, descrições de segunda ordem. Estacionariedade. Densidade espectral, densidade espectral cruzada e coerência. Ergodicidade e estimação. Transformações lineares. Processos ARMA.

Modelação Estocástica. Caso i.i.d. Alguns processos relevantes, como Poisson, Gaussiano e de Wiener.

Cadeias de Markov. Aplicações e simulação.

6.2.1.5. Syllabus:

Multivariate distributions. Characteristic function. Stochastic convergence.

Stochastic processes. Frequency and time domain description. Characterization, second order descriptions.

Stationarity. Spectral density, cross spectral density and coherence. Ergodicity and estimation. Linear transformations. ARMA processes. Optimal linear systems.

Stochastic modeling. Case i.i.d. Study of relevant processes as Poisson, Gaussian and Wiener. Applications and simulation.

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

Do programa constam várias ferramentas para a descrição e análise de processos estocásticos em áreas diversificadas. A orientação da unidade curricular privilegia a compreensão dos métodos e a sua aplicação a áreas interdisciplinares usando dados simulados ou reais. Cada método é apresentado com exemplos que são resolvidos na aula para que o estudante possa compreender bem os exemplos e a sua resolução. É também proposta uma lista de exercícios suplementares. Para além disso o estudante deve desenvolver, quer na aula quer fora da aula, projetos computacionais de aplicação das metodologias estudadas ao mundo real.

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

The program includes several tools for the analysis of stochastic processes and its applications to several areas. Special attention is given to the understanding of concepts and methods and to its application in interdisciplinary areas using simulated or real data. Each method is introduced with examples that are solved in class so that the student has a good understanding of the examples and of their solution. A parallel supplementary exercise list is also proposed. In addition, the student must develop, in and out of class, computational projects where the methodologies introduced are applied to real datasets.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial em MATLAB (ou R). Avaliação distribuída com exame final. A classificação final é feita com base nas classificações do exame escrito (E) e dos Trabalhos práticos/Projeto (P), que inclui a prova oral (correspondente à apresentação e discussão) e trabalho escrito (relatório).

*Classificação final: $(E*12+P*8)/20$.*

A classificação em cada uma das componentes E e P não poderá ser inferior a 40%.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical lectures to present and illustrate the topics. Problems/projects with strong laboratorial computation component using MATLAB (or R).

Distributed evaluation with final exam. The final classification is based on the classifications obtained in the written examination (E) and Practical work / Project (P), which includes the oral presentation and discussion, as well as the written report.

*Final classification: $(E*12+P*8)/20$.*

The classification in each of the components E and P cannot be inferior to 40%.

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

Aulas teórico-práticas para apresentação da matéria ilustrada com exemplos variados e orientadas para a resolução de problemas/projeto, com uma forte componente de computação laboratorial em MATLAB (ou R). A unidade curricular tem uma forte componente prática e aulas laboratoriais em computadores são essenciais. Os projetos permitem a consolidação da aplicação dos métodos estudados ao mundo real. O exame permite a consolidação e a recapitulação dos conhecimentos adquiridos.

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

Theoretical-practical lectures to present and illustrate the topics. Problems/projects with strong laboratorial computation component using MATLAB (or R). The curricular unit has a strong practical component and classes with computers will be essential. In assignments, students must independently solve the problems proposed and discuss with the teacher the results being obtained. The final exam enhances the consolidation and revision of acquired knowledge.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Ross, S. (2010). Introduction to probability models (10th ed.). Academic Press.

Leon-Garcia, A. (2009). Probability, statistics and random processes for electrical engineering (3rd ed.). Prentice Hall.

Lindgren, G., Rootzén, H., & Sandsten, M. (2014). Stationary stochastic processes for scientists and engineers. CRC Press.

Miller, S. L., & Childers, D. (2012). Probability and random processes with applications to signal processing and communications. Academic Press.

Allen, L. J. S. (2011). An introduction to stochastic processes with applications to biology. Chapman & Hall/CRC.

Mapa X - Química Computacional / Computational Chemistry

6.2.1.1. Unidade curricular:

Química Computacional / Computational Chemistry

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

Maria Natália Dias Soeiro Cordeiro (28 TP, 28 PL)

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

Não aplicável.

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

O objectivo principal desta unidade curricular é a utilização das ferramentas básicas da Química Teórica –Computacional na resolução de problemas reais que se colocam na área da Química e que possam ser úteis a qualquer Químico, Físico ou Astrónomo.

Abordar-se-ão essencialmente as aplicações da Química Teórica-Computacional na resolução dos seguintes problemas químicos:

- 1. Cálculo de Propriedades Termodinâmicas*
- 2. Estudo de Mecanismos de Reacções Químicas*
- 3. Simulação de Espectros de Infravermelho*

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

The main goal of this subject is to resort to the basic tools of Theoretical-Computational Chemistry for solving real problems that arise in chemistry and that may be useful to any chemist, physicist or astronomer. Basically, the following problems will be dealt with:

- 1. Calculation of Thermodynamic Properties*
- 2. Study of Mechanisms of Chemical Reactions*
- 3. Simulation of Infrared Spectra*

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

1. Motivação 2. Conceitos Essenciais da Mecânica Quântica (Revisão) 3. Métodos Aproximados de Cálculo Quântico 3.1. Métodos ab initio, com pseudo-potenciais e semi-empíricos 3.2. Tratamentos post-Hartree-Fock 3.3. Teoria do funcional de densidade 4. Termodinâmica Estatística (TE) 4.1. Conceitos básicos 4.2. Distribuições teóricas TE 4.3. Sistemas de partículas independentes – Gases ideais 4.3.1. Decomposição da

função de partição molecular – ensemble (NVT) 4.3.2. Componentes electrónicas e nucleares (translacional, rotacional e vibracional) 4.3.3. Condições de idealidade – Princípio da equipartição 4.4. Soluções Diluídas 5. Modelação Teórica de Reacções Químicas 5.1. Equilíbrios químicos em fase gasosa e em solução 5.2. Mecanismos de reacções químicas (térmicas e fotoquímicas) 6. Espectros de Infravermelho 6.1. Simulação teórica de espectros IV 6.2. Aplicações (Efeito de estufa; Catálise heterogénea) 7. Simetria Molecular 7.1. Teoria de Grupos 7.2. Aplicações

6.2.1.5. Syllabus:

1. Motivation 2. Essential Concepts of Quantum Mechanics (Revision) 3. Approximate Methods 3.1. Ab initio methods, pseudo-potential methods and semi-empirical methods 3.2. Post-Hartree-Fock methods 3.3. Density functional theory 4. Statistical Thermodynamics 4.1. Basic concepts 4.2. Theoretical distributions 4.3. Systems of independent particles - Ideal gases 4.3.1. Decomposition of the molecular partition function - ensemble (NVT) 4.3.2. Electronic and nuclear components (translational, rotational and vibrational) 4.3.3. Ideality - Principle of equipartition 4.4. Diluted Solutions 5. Theoretical Modelling of Chemical Reactions 5.1. Chemical equilibria in gas phase and in solution 5.2. Mechanisms of chemical reactions (thermal and photochemical) 6. Infrared spectra 6.1. Theoretical simulation of IR spectra 6.2. Applications (Greenhouse effect; Adsorption of species on metallic surfaces) 7. Molecular Symmetry 7.1. Group Theory 7.2. Applications

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

O programa desta unidade curricular é iniciado com uma ilustração do impacto da química computacional na ciência actual, seguido duma revisão dos conceitos básicos de Mecânica Quântica, eventualmente abordados previamente no 1o ciclo de estudos, e duma introdução a conceitos básicos de Termodinâmica Estatística (TE). Os métodos quânticos abordados conjuntamente com conceitos de TE dão uma panorâmica muito completa de alguns dos métodos computacionais mais usados hoje em dia para estudo da estrutura electrónica de sistema moleculares e das suas propriedades e reatividade química. Por fim, outros conceitos abordados (e.g. Teoria de Grupos) complementam aplicações importantes para a determinação de propriedades e reatividade de sistemas moleculares.

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

The contents of this subject start with an illustration of the impact of computational chemistry in current science, followed by a review of the basics of quantum mechanics (eventually addressed previously in the 1st level of studies), and by an introduction to basic concepts of Statistical Thermodynamics (ST). The quantum methods presented and discussed along with the ST concepts give a very comprehensive and complete overview of the state-of-the-art computational methods used nowadays towards the study of the electronic structure of molecular systems, of their molecular properties and chemical reactivity in general. Finally, other concepts discussed (e.g. Group Theory) complement important applications for the determination of the properties and reactivity of molecular systems.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Apresentação teórica convencional das matérias ilustrando-se, sempre que possível, com aplicações práticas/tecnológicas. Resolução de exercícios com oportunidades para discutir as soluções. A aprendizagem desenvolve-se segundo um paradigma PBL (problem-based learning) em que os estudantes são confrontados com uma série de problemas ao longo da execução dos vários projectos computacionais cuja resolução obriga a um conhecimento dos fundamentos teóricos subjacentes.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final.

Prática - Realização de 3 trabalhos práticos.

Teórica - Classificação mínima requerida no exame teórico: 7 valores.

Fórmula de avaliação: A nota final é uma média pesada das duas componentes:

Componente Prática- Avaliação contínua (60%), dada por: (i) Apresentação oral (50%) (ii) Resolução de problemas (10%); Componente Teórica – Exame final (40%).

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical presentation of conventional materials illustrating, whenever possible, with practical/technological applications. Resolution of exercises with opportunities to discuss solutions. Learning takes place according to a PBL (problem-based learning) paradigm in which students are confronted with a series of problems during the execution of the several computational projects whose resolution requires knowledge of the underlying theoretical foundations.

Type of evaluation: Distributed evaluation with a final exam.

Practical - Perform at least 3 practical projects.

Theoretical - Minimum required grade of the theoretical exam: 7.

Evaluation Formula: The final grade is a weighted average of two components:

Practical Component - Continuous assessment (60%), gathered by the: (i) oral presentation (50%) (ii) resolution of the exercises (10%);

Theoretical Component - Final exam (40%).

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

O formalismo de cada método é apresentado nas aulas teórico-práticas e, nas aulas práticas, usa-se software específico (como por exemplo o Gaussian09) para aplicação a casos concretos. A perfeita articulação entre as matérias abordadas nas aulas teóricas e os trabalhos práticos, garante uma metodologia de aprendizagem consistente e eficaz.

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

The theoretical formalism of each method is presented in the lectures, and specific software (such as Gaussian09) is used in practical classes for specific applications. The perfect link between the topics covered in lectures and the practical computational works, ensures a consistent and effective learning methodology.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Melo, A., & Cordeiro, N. (2010). Sebenta de apoio - Química Computacional.
McQuarrie, D. A. (2000). Statistical mechanics. University Science Books.
Atkins, P. W., & Paula, J. (2006). Physical chemistry. Oxford University Press.
Levine, I. N. (2000). Quantum chemistry. Prentice Hall, New Jersey.
Jensen, F. (1999). Introduction to computational chemistry. Chichester: Wiley.*

Mapa X - Dissertação/Estágio em Astronomia / Dissertation/Internship in Astronomy

6.2.1.1. Unidade curricular:

Dissertação/Estágio em Astronomia / Dissertation/Internship in Astronomy

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

Pedro Teixeira Pereira Viana (0h OT)

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

*Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro (40h OT)
Catarina Gasparinho Godinho Lobo (0h OT)
João José de Faria Graça Afonso Lima (0h OT)
Jorge Filipe da Silva Gameiro (0h OT)
Nuno Miguel Cardoso Santos (0h OT)*

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

Nesta unidade curricular, os estudantes podem optar pela elaboração duma Dissertação ou pela realização dum Estágio. Em qualquer dos casos, espera-se que o estudante desenvolva a capacidade para: integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, e encontrar soluções apropriadas; comunicar as suas conclusões, os conhecimentos e raciocínios a elas subjacentes. Caso opte pela Dissertação, espera-se ainda que o estudante: desenvolva a capacidade para desenvolver investigação de forma autónoma em Astronomia; aprofunde os seus conhecimentos em Astronomia, na área científica associada ao tema da Dissertação. Caso opte pelo Estágio, espera-se ainda que o estudante: desenvolva a capacidade para prestar apoio à investigação em Astronomia no seio de organizações profissionais constituídas para o efeito; contribua para a desenvolvimento e utilização de instrumentação, métodos observacionais, algoritmos computacionais e técnicas de análise relevantes para a Astronomia.

6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

In this curricular unit, students can opt for drafting a Dissertation or embarking on an Internship. In any case, it is expected that the student develops the ability to: integrate knowledge, handle complex issues, and find appropriate solutions; communicate their findings, knowledge and reasoning that underlie them. In case the Dissertation route is chosen, it is also expected that the student will: develop the ability to undertake research independently in Astronomy; deepen their knowledge in Astronomy, in the scientific area related to the topic of the Dissertation. In case the Internship route is chosen, it is also expected that the student will: develop the capacity to provide support for research in Astronomy within professional organizations established for such purpose; contribute to the development and use of instrumentation, observational methods, computational algorithms and analysis techniques relevant to Astronomy.

6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

Dissertação: programa de investigação individual conducente à elaboração de uma dissertação de natureza científica num tópico em Astronomia, original e especialmente realizada para a conclusão deste ciclo de estudos.

Estágio: programa de estágio de natureza profissional individual conducente à elaboração de um relatório final num tópico sobre métodos observacionais, algoritmos computacionais, técnicas de análise ou instrumentação em Astronomia, original e especialmente realizado para a conclusão deste ciclo de estudos.

6.2.1.5. Syllabus:

Dissertation: individual research program leading to the presentation of an original scientific thesis on a topic in Astronomy, specifically prepared for conclusion of this cycle of studies.

Internship: individual professional training program leading to the presentation of an original report on a topic about observational methods, computer algorithms, analysis techniques or instrumentation in Astronomy, specifically prepared for conclusion of this cycle of studies.

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

Os programas de investigação e de estágio são escolhidos de modo a permitir aos estudantes atingir os objetivos de aprendizagem delineados. Em particular, pretende-se que tais programas coloquem os estudantes perante desafios originais, complexos e estimulantes, exigindo destes o desenvolvimento de novas capacidades, o aprofundamento de outras, e a aquisição de conhecimentos relevantes para o seu futuro percurso académico e/ou profissional.

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

The research and internship programs are chosen to enable students to reach the defined learning outcomes. In particular, it is intended that such programs put students before unique, complex and stimulating challenges, requiring the development of new capabilities, the deepening of others, and the acquisition of relevant knowledge for their future academic and / or professional careers.

6.2.1.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os estudantes adquirem os conhecimentos, aptidões e competências delineados no programa de investigação conducente à escrita duma dissertação ou no programa de estágio, através de trabalho autónomo sob supervisão, na forma de orientação tutorial. A avaliação é feita através da dissertação ou relatório de estágio submetidos, bem como por intermédio da apresentação pública do trabalho desenvolvido, de acordo com o Regulamento Geral dos Segundos ciclos da Universidade do Porto.

6.2.1.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Students acquire the knowledge, skills and competencies outlined in the dissertation research program or in the internship program, through independent work under supervision, in the form of tutorials. The evaluation is made through the submitted dissertation or internship report, as well as through the public presentation of the work done, according to the Second Cycle Regulations of the University of Porto.

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

O trabalho autónomo sob supervisão, na forma de orientação tutorial, é a forma que melhor permite aos estudantes desenvolver as aptidões e competências identificadas como objectivos de aprendizagem. Nomeadamente, no caso da Dissertação, a capacidade para desenvolver investigação de forma autónoma, e no caso do Estágio, a capacidade para prestar apoio à investigação em Astronomia no seio de organizações profissionais constituídas para o efeito.

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

Autonomous work under supervision, in the form of tutorials, is the way that best enables students to develop the skills and competencies identified as learning outcomes. Particularly, in the case the Dissertation route is chosen, the ability to undertake research independently in Astronomy, and in the case of the Internship route is chosen, the ability to provide support for research in Astronomy within professional organizations established for such purpose.

6.2.1.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bibliografia genérica:

Hart, C. (2004). Doing your Masters dissertation. SAGE Publications.

Furseth, I., & Everett, E.L. (2013). Doing your Master's dissertation: From Start to Finish. SAGE Publications.

Bibliografia específica: de acordo com o programa de trabalho, em resultado das sugestões do orientador designado.

6.3. Metodologias de Ensino/Aprendizagem

6.3.1. Adequação das metodologias de ensino e das didáticas aos objetivos de aprendizagem das unidades curriculares.

O CE visa dotar os estudantes de: conhecimentos aprofundados em Astronomia, de resultados recentes e questões em aberto; capacidades técnicas de utilização e desenvolvimento de algoritmos computacionais e de análise de dados; capacidade de resolução de problemas multidisciplinares e análise crítica de resultados científicos; capacidade de comunicação e autonomia. Para tal, as metodologias de ensino incluem: (1) aulas expositivas para transmissão de conhecimentos, nomeadamente dos conteúdos de referência de cada área curricular e discussão dos mais recentes resultados da investigação, (2) aulas práticas para implementação e/ou desenvolvimento de algoritmos de redução e análise de dados, (3) pesquisa e apresentação de trabalhos para integração dos estudantes em ambiente científico.

Na unidade curricular de Dissertação / Estágio, os estudantes desenvolvem investigação sob orientação de um especialista, resultando frequentemente a publicação de um artigo científico / documento técnico.

6.3.1. Suitability of methodologies and didactics to the learning outcomes of the curricular units.

This study cycle aims to provide students with: a thorough knowledge in Astronomy, on recent results and open questions; technical capabilities of usage and development of computational algorithms and data analysis techniques; capability of solving multidisciplinary problems and critical analysis of scientific results; communication skills and autonomy. To this end, the teaching methodologies include: (1) lectures for transmission of knowledge, namely the reference contents of each curriculum area and discussion of the latest research results, (2) practical classes for implementing and/or developing algorithms of data reduction and data analysis, (3) research and presentation of assignments for the integration of students in a scientific environment.

During the Dissertation / Internship, the students develop research under the supervision of an expert, often leading to a publication in an indexed journal or of a technical report .

6.3.2. Formas de verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS.

A quantidade total de horas de trabalho exigida aos estudantes por crédito ECTS, bem como o intervalo possível para a razão entre as horas de contato e as horas despendidas em trabalho individual, encontram-se especificadas no Regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos Curriculares aos Cursos Conferentes de Grau da UP. Nomeadamente, este estabelece que 1 crédito ECTS corresponde a 27h de trabalho total do estudante. Às Comissões Científica e de Acompanhamento cabe a responsabilidade de verificação de que a quantidade total de horas de trabalho exigida aos estudantes, no âmbito de cada UC, corresponde efetivamente ao estimado em créditos ECTS. Os resultados dos inquéritos pedagógicos realizados regularmente pela FCUP, conjuntamente com as opiniões expressas diretamente pelos estudantes aos membros dessas comissões, são fundamentais na avaliação do esforço efetivamente realizado pelos estudantes em cada UC e eventual posterior correção de situações de desadequação.

6.3.2. Means to check that the required students' average work load corresponds the estimated in ECTS.

The total amount of working hours required of students by ECTS credit, and the possible range for the ratio of contact hours and the hours spent on individual work, are specified in the Regulations for the Application of the Curricular Credits System to the Degree Awarding Cycles of Studies of the UP. In particular, it states that one ECTS credit corresponds to 27h of total student work. The Scientific and Monitoring Commissions are responsible for checking that the average workload required of students within each UC actually corresponds to the estimated ECTS credits. The results of pedagogic surveys regularly conducted by FCUP, together with the views expressed by students directly to members of those commissions, are crucial in assessing the effort actually performed by students in each UC and any subsequent correction of inadequate situations.

6.3.3. Formas de garantir que a avaliação da aprendizagem dos estudantes é feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

O modo de avaliação dos estudantes em cada UC é definida pelo docente responsável pela UC e está descrita na ficha da UC no SIGARRA. Essas fichas são preenchidas pelo docente e aprovadas pelo Diretor do CE todos os anos, antes do início do ano letivo. O Diretor do CE poderá propor alterações na ficha, quer em resultado da sua própria avaliação, quer devido às opiniões recolhidas em consulta aos estudantes ou à Comissão de Acompanhamento, e ainda com base em diretrizes gerais.

A avaliação não é igual para todas as UCs do CE, sendo que as UCs com forte componente prática também têm avaliação específica dessa componente.

Por outro lado, a destreza e maturidade científica dos estudantes em algumas unidades curriculares é avaliada por métodos próprios que incluem a pesquisa bibliográfica sobre determinado assunto, a entrega de trabalhos e relatórios escritos, e/ou a apresentação oral e discussão crítica de artigos científicos.

6.3.3. Means to ensure that the students learning assessment is adequate to the curricular unit's learning outcomes.

The way students are evaluated in each UC is defined by the lecturer responsible for that UC before the

beginning of the lecture classes and is described in the UC record in SIGARRA. These files are filled out by the lecturer and approved by the Director of the cycle of studies each year before the start of the academic year. The Director may propose changes, either as a result of his own assessment or given the opinions expressed by the students or by the Monitoring Committee, and also based on general guidelines. Evaluation is not the same for all UCs of the cycle of studies, and the curricular units with a strong practical component also have specific assessment on that component. Dexterity and scientific maturity of students in some courses is assessed by specific methods including literature review of a given topic, the delivery of an assignment or written reports, and/or an oral presentation and critical discussion of scientific papers.

6.3.4. Metodologias de ensino que facilitam a participação dos estudantes em atividades científicas.

Durante o primeiro ano do CE, os estudantes realizam diferentes tipos de pesquisa e investigação de carácter teórico e teórico-prático e apresentam diferentes tipos de trabalhos em função dessas pesquisas. No segundo ano, através da Dissertação / Estágio, os estudantes são estimulados pelos supervisores a desenvolverem iniciativa e autonomia, tanto na formulação de problemas como na proposta de soluções. São integrados em equipas de investigação e encorajados a participar nas suas atividades (jornal clubs, reuniões e encontros científicos), sendo ainda frequentemente integrados oficialmente em projetos nacionais e internacionais de investigação em curso. São ainda em geral encorajados a participar igualmente nas diversas atividades de investigação e de divulgação organizadas pela UP (ex: IJUP), FCUP, CAUP e pelo IA, em particular a frequentarem os seminários e cursos avançados do IA no CAUP, e a participarem no Dia dos Estudantes @ CAUP.

6.3.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities.

During the first year of the cycle of studies, students perform different types of research of theoretical and theoretical-practical nature, and present various types of work on the basis of that research. In the second year, through the Dissertation / Internship, students are encouraged by their supervisors to develop initiative and autonomy, both in posing questions as well as in proposing solutions. Students are integrated into research teams and encouraged to participate in the respective activities (journal clubs, scientific meetings), and are often also officially integrated in ongoing national and international research projects. Students are also encouraged to participate, in general, in various research and outreach activities organized by the UP (eg IJUP), FCUP, CAUP and the IA, in particular to attend the IA seminars and advanced courses at CAUP, and to participate in the Students Day @ CAUP.

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	6	3	3
N.º diplomados em N anos / No. of graduates in N years*	6	3	3
N.º diplomados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	0	0	0
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 estudantes inscritos no 2o Ciclo em Astronomia não têm tido dificuldade em obter aprovação às unidades curriculares que fazem parte do plano de estudos, sendo raros os casos em que se torna necessário repetir a frequência numa dessas unidades curricular para obtenção de aprovação. Por exemplo, entre os 5 estudantes que estão inscritos em Dissertação / Estágio no ano académico de 2015/2016, encontrando-se portanto no 2o ano do ciclo de estudos, apenas foi necessário repetir a frequência a 7 unidades curriculares num conjunto de

50 (5 estudantes vezes as 10 UCs que constituem o 1o ano), ou seja existiu uma taxa de aprovação na primeira inscrição a cada UC de 86%. Entre as 7 UCs a que foi necessário repetir a frequência, estão representadas quer a área principal do ciclo de estudos (Astronomia), que áreas secundárias como Matemática (sob a forma de UCs opcionais), sendo a taxa de sucesso semelhante tendo em conta o peso de cada área no plano de estudos.

7.1.2. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and related curricular units.

The students enrolled in the 2nd Cycle in Astronomy have had no difficulty in obtaining approval at the lecture courses that are part of the plan of studies, being rare the cases where it is necessary to repeat the frequency in these curricular units to obtain approval. For example, among the five students who are enrolled in Dissertation / Internship in the 2015/2016 academic year, and are therefore in the 2nd year of the course, it was only necessary to repeat the frequency at 7 lecture courses in a set of 50 (5 students times the 10 lecture courses that constitute the 1st year), ie. there was an approval rate in the first enrolment at each lecture course of 86%. Among the 7 lecture courses at which it was necessary to repeat frequency, both the main area of the cycle of studies (Astronomy) and secondary areas, such as Mathematics (as optional lecture courses), are represented, being the success rate similar when taking into account the weight of each area in the plan of studies.

7.1.3. Forma como os resultados da monitorização do sucesso escolar são utilizados para a definição de ações de melhoria do mesmo.

Quando a monitorização do sucesso escolar revela potenciais problemas a nível de uma dada unidade curricular, o Diretor do ciclo de estudos contacta pessoalmente quer o docente responsável pela unidade curricular em causa quer os estudantes do ciclo de estudos, com o intuito de identificar as razões por detrás desses problemas. Espera-se que, em consequência desses contactos, ações de melhoria que permitam ultrapassar os problemas identificados sejam definidas e implementadas pelo docente responsável pela unidade curricular em causa.

7.1.3. Use of the results of monitoring academic success to define improvement actions.

When the monitoring of academic success reveals potential problems in a given lecture course, the Director of the cycle of studies personally contacts both the lecturer responsible for the lecture course concerned and the students of the cycle of studies, in order to identify the reasons behind those problems. It is expected that as a result of these contacts, improvement actions for overcoming the problems identified are defined and implemented by the lecturer responsible for the lecture course concerned.

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.	83
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em outros sectores de atividade / Percentage of graduates that obtained employment in other areas of activity	8
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	83

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).

O CE está, desde a sua criação (2007/2008), fortemente ligado ao Centro de Astrofísica da UP (CAUP; www.astro.up.pt), onde a maioria dos docentes em Astronomia e Astrofísica (A&A) da FCUP exerce a sua atividade de investigação científica. Os objetivos do CAUP consistem em apoiar e promover a A&A através de investigação; formação universitária (licenciatura, MSc, PhD); atividades para Escolas; divulgação da A&A para o público em geral. O CAUP tem uma longa tradição de excelência na investigação e divulgação em A&A e larga experiência administrativa na gestão de grandes projetos (nacionais e europeus), oferecendo excelentes condições de trabalho. A unidade de investigação associada foi classificada com "Excelente" desde 2002 pela FCT. Em 2013 fundiu-se com o Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa, constituindo o Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (IA; www.iaastro.pt). O IA recebeu a classificação de Excelente (24/25) na avaliação FCT de 2013.

7.2.1. Research centre(s) duly recognized in the main scientific area of the study programme and its mark (if applicable).

The cycle of studies has been, since its creation (2007/2008), strongly connected to the UP Center for Astrophysics (CAUP; www.astro.up.pt), where the majority of FCUP's lecturers in Astronomy and Astrophysics (A&A) exercise their scientific research. CAUP's objectives are to support and promote A&A through research; university education (undergraduate, MSc, PhD); activities for schools; A&A outreach and popularization for the public in general. CAUP has a long tradition of excellence in research and outreach in A&A and broad administrative experience in managing large projects (national and European), offering excellent working conditions. The associated research unit was rated as "Excellent" since 2002 by the FCT. In 2013, CAUP merged with the Centre for Astronomy and Astrophysics, of the University of Lisbon, constituting the Institute of Astrophysics and Space Sciences (IA; www.iaastro.pt). The IA was awarded rate Excellent (24/25) in the 2013 FCT evaluation.

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://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/676b4cd0-a6fc-6838-38bc-562635e553b4>

7.2.3. Mapa-resumo de outras publicações relevantes, designadamente de natureza pedagógica:

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/676b4cd0-a6fc-6838-38bc-562635e553b4>

7.2.4. Impacto real das atividades científicas, tecnológicas e artísticas na valorização e no desenvolvimento económico.

As atividades científicas e tecnológicas realizadas no decurso do 2o Ciclo em Astronomia são importantes para reforçar a I&D nacional na área das Ciências do Espaço, uma das áreas de investigação em que Portugal tem dos maiores impactos internacionais. Várias dessas atividades são feitas no contexto da nossa participação em missões da Agência Espacial Europeia (ESA) e instrumentos do Observatório Europeu do Sul (ESO), e em colaboração com empresas privadas. Muitos dos estudantes do 2o Ciclo em Astronomia são integrados nestes projetos e colaborações ao nível da Dissertação / Estágio. Por exemplo, uma estudante inscrita no 2o ano do CE no ano académico de 2014/2015 esteve envolvida em actividades de cariz científico, que deram origem a duas publicações numa revista científica de impacto elevado, no contexto do projecto ESPRESSO, no qual participam empresas privadas como a HPS Portugal.

7.2.4. Real impact of scientific, technological and artistic activities on economic enhancement and development.

The scientific and technological activities that take place in the context of the 2nd Cycle in Astronomy are important to reinforce the national R&D in the area of Space Sciences, one of the research areas in which Portugal has a greater international impact. Several of these activities are done in the context of our participation in missions of the European Space Agency (ESA) and instruments of the European Southern Observatory (ESO), and in collaboration with private companies. Several students of the 2nd Cycle in Astronomy are involved in these projects and collaborations during their Dissertation / Internship. For example, a student enrolled in the 2nd year of the cycle of studies in the academic year 2014/2015 has been involved in scientific-oriented activities, which led to two publications in a high-impact scientific journal, in the context of the ESPRESSO project, in which private companies like HPS Portugal participate.

7.2.5. Integração das atividades científicas, tecnológicas e artísticas em projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais.

A maior parte do corpo docente do 2o Ciclo em Astronomia é membro do CAUP (Associação), que alberga a antiga unidade de investigação FCT com o mesmo nome (CAUP), avaliada pela FCT com a classificação máxima nos exercícios de avaliação de 2002 e 2007. Esta unidade fundiu-se recentemente com o Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa (CAAUL), dando origem ao IA, recentemente classificado como Excelente no último exercício de avaliação da FCT (2013) e referida como "a instituição de investigação mais importante em Portugal na área da Astronomia e Ciências Espaciais" pelo painel de avaliação internacional. Os estudantes do 2o Ciclo em Astronomia são frequentemente integrados em projetos nacionais e internacionais de investigação e de divulgação liderados pelo IA/CAUP ou em que o IA/CAUP participa, e participam igualmente em diversas atividades de investigação e de divulgação organizadas pela UP e pelo CAUP.

7.2.5. Integration of scientific, technological and artistic activities in national and international projects and/or partnerships.

Most of the teaching staff of the 2nd Cycle in Astronomy is part of CAUP (Association), the host of the former FCT research unit with the same name (CAUP), evaluated by FCT with the top classification in the 2002 and 2007 evaluation exercises. This unit recently merged with the Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa (CAAUL) giving rise to the IA, recently ranked as Excellent in the latest FCT evaluation exercise (2013) and referred to as "the most important research institution in the field of Astronomy and Space Sciences in Portugal" by the international evaluation panel. The students of the 2nd Cycle in Astronomy are often integrated in national and international research and outreach projects with leadership/participation of IA/CAUP and participate in several research and outreach activities organised by the UP and by CAUP.

7.2.6. Utilização da monitorização das atividades científicas, tecnológicas e artísticas para a sua melhoria.

A monitorização da atividade científica é feita com base nos relatórios anuais de atividades de cada departamento da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e na avaliação das unidades de investigação. Os órgãos responsáveis analisam esses dados e apontam caminhos para a melhoria dos indicadores de atividade. A atividade de divulgação é monitorizada pelo CAUP e pelo Planetário do Porto em relatórios anuais, decidindo a sua Direção em conforme para a contínua melhoria destes projetos.

Por outro lado, a Comissão Científica do CE recolhe a opinião dos docentes, estudantes e dos orientadores de Dissertação / Estágio sobre as diversas atividades realizadas ao longo do ano. Com base nesse feedback, a Comissão Científica verifica e avalia os resultados e etapas alcançadas e sugere contributos para a planificação das atividades para o ano seguinte.

7.2.6. Use of scientific, technological and artistic activities' monitoring for its improvement.

Monitoring of scientific activity is based on the annual activity reports of each department of the Faculty of Sciences of the University of Porto and on the evaluation of the research units. The responsible commissions analyze these data and suggest paths to improve the activity indicators. The outreach activity is monitored by CAUP and by the Porto Planetarium in annual reports, and decisions are taken by the Board of Directors to ensure its continuous improvement.

The Scientific Committee of the cycle of studies gathers the opinions of lecturers, students and Dissertation / Internship supervisors on the various activities that took place throughout the year. Based on this feedback, the Scientific Committee verifies and assesses the results achieved, suggesting contributions to the planning of activities for the following year.

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 corpo docente do 2o Ciclo em Astronomia, em colaboração com o IA/CAUP, exerce um papel único na promoção da investigação, formação e divulgação da Astronomia. Tal envolve, em particular, i) a liderança e participação em grandes projetos de investigação nacionais e internacionais, incluindo em missões da Agência Espacial Europeia (ESA) e instrumentos do Observatório Europeu do Sul (ESO) - projetos com uma componente tecnológica relevante são muitas vezes desenvolvidos em parceria com as empresas; ii) o apoio a todos os programas de formação em Astronomia da Universidade do Porto, tanto a nível de graduação como de pós-graduação; iii) a participação nas atividades de divulgação regularmente organizadas pelo CAUP e pelo Planetário do Porto [uma Organização de Divulgação Parceira do ESO] para alunos do ensino básico e do ensino secundário e do público em geral.

7.3.1. Activities of technological and artistic development, consultancy and advanced training in the main scientific area(s) of the study programme.

The teaching staff of the 2nd Cycle in Astronomy, in collaboration with IA/CAUP, exercises a unique role in promoting research, training and outreach in Astronomy. This involves, in particular, i) the leadership and participation in major national and international research projects, including missions of the European Space Agency (ESA) and instruments of the European Southern Observatory (ESO) - projects with a relevant technological component are often developed in partnership with enterprises; ii) the support to all training programs in Astronomy at the University of Porto, both at undergraduate and postgraduate levels; iii) the participation in the regular outreach activities organised by CAUP and the Porto Planetarium [an ESO Outreach Partner Organisation] for primary and high-school students and the public in general.

7.3.2. Contributo real dessas atividades para o desenvolvimento nacional, regional e local, a cultura científica, e a ação cultural, desportiva e artística.

As atividades descritas acima são cruciais para reforçar a I&D nacional na área das Ciências do Espaço, uma das áreas de investigação em que Portugal tem um maior impacto internacional. Contribuem igualmente para a elevada qualidade da formação em Astronomia oferecida pela Universidade do Porto, e para melhorar a sensibilização do público e seu conhecimento sobre a última e sobre as descobertas mais relevantes em Astronomia, Astrofísica e Ciências do Espaço.

7.3.2. Real contribution for national, regional and local development, scientific culture, and cultural, sports and artistic activities.

The aforementioned activities are crucial to reinforce the national R&D in the area of Space Sciences, one of the research areas in which Portugal has a greater international impact. They also contribute to the very high quality of the training in Astronomy provided at the University of Porto, and to improve the public awareness of the latest and of the most relevant findings in Astronomy, Astrophysics and Space Sciences.

7.3.3. Adequação do conteúdo das informações divulgadas ao exterior sobre a Instituição, o ciclo de estudos e o ensino ministrado.

A FCUP (bem como a própria Universidade do Porto) divulga a informação relativa a estes temas através das páginas que mantêm online.

A FCUP dispõe de um Gabinete de Imagem e Relações com o Exterior (GIRE) que proporciona e dinamiza a divulgação de informação, com realce da visibilidade e adequação da linguagem e conteúdo. A informação divulgada incide sobre todos os campos de atividade da instituição, quer a nível da formação, da investigação ou das iniciativas para o exterior.

Em eventos tais como a Mostra da UP, Dias Abertos da FCUP, Universidade Junior, para além do diálogo e visitas efetuadas a laboratórios e salas de aulas, entre outras atividades, são divulgados materiais que visam levar informação aos potenciais interessados e suas famílias, bem como ao público em geral.

O CE é ainda divulgado em vários sites atualizados, em particular "Estudar Astronomia na UPorto" (http://www.fc.up.pt/dfa/astro/mestrados/index_ast.html).

7.3.3. Suitability of the information made available about the institution, the study programme and the education given to students.

FCUP (and the University of Porto) discloses all information related with these topics through the pages that are maintained online.

FCUP also has a Communication and Image Office (GIRE) that streamlines and provides information, with emphasis on the visibility and appropriateness of language and content. The disclosed information covers all fields of activity of the institution, in terms of training, research and outreach initiatives.

During events such as the UP Fair, FCUP's Open Days, Junior University, beyond dialogue and visits to laboratories and classrooms, among other activities, materials aimed at conveying information to potential students and their families, as well as to the general public, are disclosed.

Extensive information on the course is also provided in several sites, in particular "Estudar Astronomia na U.Porto" (http://www.fc.up.pt/dfa/astro/mestrados/index_ast.html).

7.3.4. Nível de internacionalização

7.3.4. Nível de internacionalização / Internationalisation level

	%
Percentagem de alunos estrangeiros matriculados no ciclo de estudos / Percentage of foreign students enrolled in the study programme	20
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)	0
Percentagem de docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Percentage of foreign teaching staff (in)	0
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Percentage of teaching staff in mobility (out)	0

8. Análise SWOT do ciclo de estudos

8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos

8.1.1. Pontos fortes

Associação a um centro de excelência (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço) na área científica em questão, e inserção numa das melhores universidades a nível nacional, contribui para que o ciclo de estudos possua uma imagem de grande qualidade.

Corpo docente altamente qualificado, possuidor de elevados índices de publicação, integrado em grandes colaborações científicas internacionais, e que cobre todas as áreas científicas relevantes para o ciclo de estudos. Estrutura curricular articulada e polivalente, na medida em que permite a frequência de unidades curriculares de áreas científicas complementares à área científica principal.

Abertura a estudantes com formação prévia distinta, salvaguardando-se ainda assim, através da imposição das condições de acesso, que os estudantes aceitem possuir de conhecimentos e competências adequadas à frequência do ciclo de estudos.

Inglês como língua de ensino, na presença de estudantes estrangeiros.

Duplo-grau atribuído em associação com a Université Paul Sabatier-Toulouse III, através do Master Sciences, technologie, santé mention Physique et Astrophysique. 3000 caracteres

8.1.1. Strengths

Association to a center of excellence (Institute for Astrophysics and Space Sciences) in the scientific area

under consideration, and being part of one of the best universities at national level, contributes towards a public image of great quality for the cycle of studies.
Highly qualified faculty staff, with high publication rates, integrated in large international scientific collaborations, and covering all the scientific areas relevant to the cycle of studies.
Curricular structure that is articulated and polyvalent, as it allows the frequency of lecture courses belonging to scientific areas that are complementary to the main one.
Openness to students with different prior training, with the safeguard, through the imposition of conditions of access, that accepted students have the knowledge and skills appropriate to the frequency of the cycle of studies.
English as language of instruction in the presence of foreign students.
Dual-degree awarded in association with the Université Paul Sabatier - Toulouse III, through the Master Sciences, technologie, santé mention Physique et Astrophysique.

8.1.2. Pontos fracos

Visibilidade reduzida do ciclo de estudos a nível nacional e internacional.
Ausência de apoio financeiro direto ao ciclo de estudos.
Falta de atratividade do ciclo de estudos do ponto de vista dos estudantes inscritos na Licenciatura em Física da FCUP.
Perceção da denominação (Astronomia) do ciclo de estudos como restritiva.

8.1.2. Weaknesses

Reduced national and international visibility of the cycle of studies.
Absence of direct financial support for the cycle of studies.
Lack of attractiveness of the cycle of studies from the point of view of the students enrolled in the 1st Cycle of studies in Physics at FCUP.
Perception of the name (Astronomy) of the cycle of studies as restrictive.

8.1.3. Oportunidades

Criação do ramo de astrofísica no âmbito da Licenciatura em Física da FCUP.
Excelência e atratividade do Programa Doutoral em Astronomia, sediado na FCUP, e financiado pela FCT.
Oferta reduzida de formação em Astronomia a nível de mestrado, no contexto nacional.
Associação ao Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço proporciona um ambiente dinâmico, disponibilidade dum elevado número de projetos de investigação conducentes a Dissertação, e possibilidade de financiamento para a sua execução.
Presença de Portugal no Observatório Europeu do Sul (ESO) e Agência Espacial Europeia (ESA) assegura interesse a nível governamental no desenvolvimento da Astronomia, visibilidade para esta área científica e financiamento através de bolsas (ESO/ESA) para projetos de investigação conducentes a Dissertação.
O programa Erasmus+ da União Europeia disponibiliza financiamento individual para Dissertação/Estágio e para redes temáticas.

8.1.3. Opportunities

Creation of the Astrophysics branch within the 1st Cycle of studies in Physics at FCUP.
Excellence and attractiveness of the Doctoral Program in Astronomy, based in FCUP, and funded by FCT.
Reduced offer with respect to training in Astronomy at the Masters level in the national context.
Association to the Institute of Astrophysics and Space Sciences provides a dynamic environment, availability of a large number of research projects leading to Dissertation, and the possibility of funding for their implementation.
Presence of Portugal at the European Southern Observatory (ESO) and European Space Agency (ESA) ensures interest at government level in the development of Astronomy, visibility for this scientific area and funding through grants (ESO/ESA) for research projects leading to Dissertation.
The Erasmus+ program from the European Union provides funding for individual Dissertations/Internships and thematic networks.

8.1.4. Constrangimentos

Desaparecimento da Licenciatura em Astronomia da FCUP.
Atratividade do Mestrado em Física da FCUP.
Substantial increase in tuition fees for foreign students in the academic year 2015/2016.
Perceção incorreta, no seio da população alvo, da empregabilidade de alguém com formação em Astronomia e do que é fazer investigação em Astronomia.

8.1.4. Threats

Disappearance of the 1st cycle of studies in Astronomy at FCUP.
Attractiveness of the Masters in Physics at FCUP.
Substantial increase in tuition fees for foreign students in the academic year 2015/2016.
Incorrect perception, within the target population, of the employability of someone with a background in

9. Proposta de ações de melhoria

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - visibilidade reduzida do ciclo de estudos a nível nacional e internacional.

Ação de melhoria - Desenvolver a presença online através do website próprio do ciclo de estudos: otimizar a sua articulação com o website do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (IA); criar páginas individuais para cada unidade curricular (incluindo ligação à investigação, exemplificada nomeadamente através de trabalhos de dissertação); incluir percursos de anteriores estudantes, nomeadamente testemunhos (por exemplo, podcast sobre publicação decorrente da dissertação) e bolsas anteriormente atribuídas; mencionar oportunidades de financiamento (IA/Erasmus/ESA/ESO) e empregabilidade.

9.1.1. Improvement measure

Weakness - reduced national and international visibility of the cycle of studies.

Improvement action - Develop online presence through of the website of the cycle of studies: optimize its relationship with the website of the Institute of Astrophysics and Space Sciences (IA); create individual pages for each lecture course (including connection to research, exemplified namely through dissertation work); include paths of former students, including testimonials (ex. podcast on publication arising from the dissertation) and previously awarded grants; mention funding opportunities (IA/Erasmus/ESA/ESO) and employability.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: alta. Tempo de implementação da medida: até final de Julho de 2016.

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.

Priority: high. Implementation schedule: until the end of July 2016.

9.1.3. Indicadores de implementação

Inserção no website próprio do ciclo de estudos de: páginas individuais das unidades curriculares; exemplos de percursos de anteriores estudantes; oportunidades de financiamento e empregabilidade.

9.1.3. Implementation indicators

Inclusion in the website of the cycle of studies of: individual pages of lecture courses; examples of paths of previous students; funding and employment opportunities.

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Ausência de apoio financeiro direto ao ciclo de estudos.

Ação de melhoria - Explorar a possibilidade de aumentar o financiamento dos estudantes: através da atribuição de bolsas pelo Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, e/ou pelo financiamento da participação em conferências, aos melhores estudantes à entrada no mestrado e/ou final do 1o ano; por via da constituição duma rede Erasmus+.

9.1.1. Improvement measure

Weaknesses - Absence of direct financial support to the cycle of studies.

Improvement action - Explore the possibility of increasing the funding of students: through the award of grants by the Institute of Astrophysics and Space Sciences, and/or the funding of participation in conferences, to the best students that enter the master and/or at the end of the 1st year; through the establishment of an Erasmus+ network.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: média. Tempo de implementação da medida: até final de 2017.

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.

Priority: high. Implementation schedule: until the end of 2017.

9.1.3. Indicadores de implementação

Atribuição efetiva de bolsas e/ou financiamento para participação em conferências, pelo Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço. Submissão duma candidatura em rede ao programa Erasmus+.

9.1.3. Implementation indicators

Effective allocation of grants and/or funding for participation at conferences, by the Institute of Astrophysics and Space Sciences. Submission of the application of a network to the Erasmus+ program.

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Falta de atratividade do ciclo de estudos do ponto de vista dos estudantes inscritos na Licenciatura em Física da FCUP.

Ação de melhoria - Incrementar o contacto com os estudantes da Licenciatura em Física da FCUP, em particular dos que se inscreverem no ramo de Astrofísica, através de atividades organizadas com o apoio do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, por exemplo projetos de introdução à investigação, eventualmente financiados através de bolsas, e pequenos cursos introdutórios, direcionados para os estudantes do 1o/2o anos.

9.1.1. Improvement measure

Weakness - Lack of attractiveness of the cycle of studies from the point of view of the students enrolled in the 1st cycle in Physics at FCUP.

Improvement action - Increase the contact with the students enrolled in the 1st Cycle in Physics at FCUP, particularly those who enter the Astrophysics branch, through activities organized with the support of the Institute of Astrophysics and Space Sciences, for example introductory research projects, eventually funded through scholarships, and small introductory courses, directed to students in the first/second years.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: média. Tempo de implementação da medida: ano letivo de 2016/2017.

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.

Priority: medium. Implementation schedule: academic year of 2016/2017.

9.1.3. Indicadores de implementação

Implementação efetiva de atividades direcionadas aos estudantes da Licenciatura em Física da FCUP. Aumento da procura do ciclo de estudos por candidatos detentores do 1o Ciclo em Física da FCUP.

9.1.3. Implementation indicators

Effective implementation of activities directed to students enrolled in the 1st cycle in Physics at FCUP. Increase in the number of candidates to the cycle of studies, who are holders of a 1st Cycle in Physics obtained at FCUP.

9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

9.1.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Perceção da denominação (Astronomia) do ciclo de estudos como restritiva.

9.1.1. Improvement measure

Ação de melhoria - Propor, se possível, a mudança da denominação do ciclo de estudos para Astronomia e Astrofísica.

9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: baixa. Tempo de implementação da medida: até final de 2017.

9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.*Priority: low. Implementation schedule: until final of 2017.***9.1.3. Indicadores de implementação***Submissão de proposta de mudança de denominação do ciclo de estudos. Mudança efetiva da denominação do ciclo de estudos.***9.1.3. Implementation indicators***Submission of the proposal to change the name of the cycle of studies. Effective change of the name of the cycle of studies.***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:***Astronomia***10.1.2.1. Study programme:***Astronomy***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
--	-----------------	---	--------------------------------------

<sem resposta>

10.2. Novo plano de estudos

Mapa XII**10.2.1. Ciclo de Estudos:***Astronomia***10.2.1. Study programme:***Astronomy***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	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
(0 Items)						

*<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>