

# ACEF/1516/09242 — Guião para a auto-avaliação

---

## Caracterização do ciclo de estudos.

**A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:**

*Universidade De Coimbra*

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

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

*Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)*

**A3. Ciclo de estudos:**

*FÍSICA*

**A3. Study programme:**

*Physics*

**A4. Grau:**

*Mestre*

**A5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (n.º e data):**

*Despacho n.º 14755/2015 - Diário da República n.º 242/2015, Série II de 2015-12-1172867752*

**A6. Área científica predominante do ciclo de estudos:**

*Física*

**A6. Main scientific area of the study programme:**

*Physics*

**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 Semesters*

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

*4 Semesters*

**A10. Número de vagas proposto:**

*30*

**A11. Condições específicas de ingresso:**

*O ingresso no curso de Mestrado em Física da FCTUC está reservado aos:*

*a) Titulares do grau de licenciado ou equivalente legal; b) titulares de um grau académico superior estrangeiro conferido na sequência de um 1º ciclo de estudos organizado de acordo com os princípios do Processo de Bolonha por um Estado aderente a este Processo; c) titulares de um grau académico superior estrangeiro que seja reconhecido como satisfazendo os objectivos do grau de licenciado, pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências e Tecnologia; d) 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 e Tecnologia.*

**A11. Specific entry requirements:**

*To enrol in the Physics Master's degree of FCTUC at least one of the following requirements should be fulfilled:*

*a) "Licenciatura" (Bachelor's) degree or equivalent degree; b) foreign higher academic degree obtained through a 1st degree cycle of studies organised in compliance with the Bologna process or from a country fully implementing the Bologna Process; c) foreign higher academic degree fulfilling the requirements of the "Licenciatura" degree, so recognised by the Scientific Council of the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra; d) Academic, scientific or professional CV that is recognised as a proof of capacity to enrol with success in the Physics Master's Degree, so recognised by the Scientific Council of the Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra.*

**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):**

*Sim (por favor preencha a tabela A 12.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras)*

**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):**

Área de especialização: Física da Matéria Condensada

Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas

Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional

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

Branch: Condensed Matter Physics

Branch: Nuclear and Particle Physics

Branch: Computational Modeling and Simulation

**A13. Estrutura curricular****Mapa I - Área de especialização: Física da Matéria Condensada****A13.1. Ciclo de Estudos:**

*FÍSICA*

**A13.1. Study programme:**

*Physics*

**A13.2. Grau:**

*Mestre*

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

*Área de especialização: Física da Matéria Condensada*

**A13.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*****Branch: Condensed Matter Physics*****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*
Física/ Physics	F	84	36
(1 Item)		84	36

**Mapa I - Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas****A13.1. Ciclo de Estudos:*****FÍSICA*****A13.1. Study programme:*****Physics*****A13.2. Grau:*****Mestre*****A13.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*****Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas*****A13.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*****Branch: Nuclear and Particle Physics*****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*
Física/ Physics	F	84	36
(1 Item)		84	36

**Mapa I - Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional****A13.1. Ciclo de Estudos:*****FÍSICA*****A13.1. Study programme:*****Physics*****A13.2. Grau:*****Mestre*****A13.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*****Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional*****A13.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*****Branch: Computational Modeling and Simulation***

**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*
Física/ Physics (1 Item)	F	84	36
		84	36

## A14. Plano de estudos

### Mapa II - Área de especialização: Física da Matéria Condensada - 1º Ano/1º Semestre

**A14.1. Ciclo de Estudos:**  
*FÍSICA*

**A14.1. Study programme:**  
*Physics*

**A14.2. Grau:**  
*Mestre*

**A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**  
*Área de especialização: Física da Matéria Condensada*

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

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

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

#### A14.5. Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Mecânica Quântica Relativista/ Relativistic Quantum Mechanics	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option (*)
Óptica Quântica/ Quantum Optics	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Semicondutores e Nanoestruturas/ Semiconductors and Nanostructures	F	S	162	T-30; PL-30	6	-
Transições de Fase e Teoria de Grupos/ Phase Transitions and Group Theory	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Estrutura Electrónica e Modelação Computacional/ Electronic Structure and Computational Modeling	F	S	162	T-30; OT-30	6	-
(5 Items)						

### Mapa II - Área de especialização: Física da Matéria Condensada - 1º Ano/2º Semestre

**A14.1. Ciclo de Estudos:**  
*FÍSICA*

**A14.1. Study programme:**

**Physics**

**A14.2. Grau:**  
**Mestre**

**A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**  
**Área de especialização: Física da Matéria Condensada**

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

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

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

**A14.5. Plano de estudos / Study plan**

<b>Unidades Curriculares / Curricular Units</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Relatividade Geral e Cosmologia/ General Relativity And Cosmology	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Teoria Quântica de Campos/ Quantum Field Theory	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Superfluidez, Supercondutividade e Magnetismo/ Superfluidity, Superconductivity and Magnetism	F	S	162	T-30; PL-30	6	-
Matéria Mole e Materiais de Baixa Dimensão/ Soft Matter and Low Dimensional Materials	F	S	162	T-30; PL-10; OT-20	6	Optativa/Option(*)
Métodos Experimentais na Matéria Condensada/ Experimental Methods in Condensed Matter Physics	F	S	162	T- 15; PL-45	6	-

**(5 Items)**

**Mapa II - Área de especialização: Física da Matéria Condensada - 2º Ano/1º Semestre**

**A14.1. Ciclo de Estudos:**  
**FÍSICA**

**A14.1. Study programme:**  
**Physics**

**A14.2. Grau:**  
**Mestre**

**A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**  
**Área de especialização: Física da Matéria Condensada**

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

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

**A14.4. Curricular year/semester/trimester:**

**2nd Year/1st Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário I/ Seminar I (2 Items)	F	S	162	S-30	6	-

**Mapa II - Área de especialização: Física da Matéria Condensada - 2º Ano/2º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:*****FÍSICA*****A14.1. Study programme:*****Physics*****A14.2. Grau:*****Mestre*****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*****Área de especialização: Física da Matéria Condensada*****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*****Branch: Condensed Matter Physics*****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:*****2º Ano/2º Semestre*****A14.4. Curricular year/semester/trimester:*****2nd Year/2nd Semester*****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário II/ Seminar II (2 Items)	F	S	162	S-30	6	-

**Mapa II - Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas - 1º Ano/1º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:*****FÍSICA*****A14.1. Study programme:*****Physics*****A14.2. Grau:*****Mestre*****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):*****Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas***

**A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Nuclear and Particle Physics****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º Ano/1º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****1st Year/1st Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Mecânica Quântica Relativista/ Relativistic Quantum Mechanics	F	S	162	T-30; OT-30	6	-
Óptica Quântica/ Quantum Optics	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Semicondutores e Nanoestruturas/ Semiconductors and Nanostructures	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Instrumentação para Física da Radiação/ Instrumentation for Radiation Physics	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Interação da Radiação com a Matéria/ Interaction of Radiation with Matter	F	S	162	T-30; PL-30	6	-

(5 Items)

**Mapa II - Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas - 1º Ano/2º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:****FÍSICA****A14.1. Study programme:****Physics****A14.2. Grau:****Mestre****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):****Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Nuclear and Particle Physics****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º Ano/2º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****1st Year/2nd Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
---	---	---------------------------	--	--	------	-----------------------------------

Física das Altas Energias/ High Energy Physics	F	S	162	T-30; OT-30	6	-
Modelos Nucleares e Hadrónicos/ Nuclear and Hadronic Models	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Relatividade Geral e Cosmologia/ General Relativity and Cosmology	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Superfluidez, Supercondutividade e Magnetismo/ Superfluidity, Superconductivity and Magnetism	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Teoria Quântica de Campos/ Quantum Field Theory	F	S	162	T-30; OT-30	6	-

(5 Items)

## Mapa II - Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas - 2º Ano/1º Semestre

---

### A14.1. Ciclo de Estudos:

**FÍSICA**

### A14.1. Study programme:

**Physics**

### A14.2. Grau:

**Mestre**

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

**Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas**

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

**Branch: Nuclear and Particle Physics**

### A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

**2º Ano/1º Semestre**

### A14.4. Curricular year/semester/trimester:

**2nd Year/1st Semester**

### A14.5. Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário I/ Seminar I	F	S	162	S-30	6	-

(2 Items)

## Mapa II - Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas - 2º Ano/2º Semestre

---

### A14.1. Ciclo de Estudos:

**FÍSICA**

### A14.1. Study programme:

**Physics**

### A14.2. Grau:

**Mestre**

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

**Área de especialização: Física Nuclear e de Partículas****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Nuclear and Particle Physics****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano/2º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****2º Ano/2nd Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário II/ Seminar II	F	S	162	S-30	6	-

(2 Items)

**Mapa II - Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional - 1º Ano/1º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:****FÍSICA****A14.1. Study programme:****Physics****A14.2. Grau:****Mestre****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):****Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Computational Modeling and Simulation****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º Ano/1º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****1st Year/1st Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Mecânica Quântica Relativista/ Relativistic Quantum Mechanics	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Óptica Quântica/ Quantum Optics	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Semicondutores e Nanoestruturas/ Semiconductors and Nanostructures	F	S	162	T-30; PL-30	6	Optativa/Option(*)
Computação Paralela/ Parallel Computing	F	S	162	T-30; PL-30	6	-
Estrutura Electrónica e Modelação Computacional/ Electronic Structure and Computational Modeling	F	S	162	T-30; OT-30	6	-

(5 Items)

**Mapa II - Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional - 1º Ano/2º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:***FÍSICA***A14.1. Study programme:***Physics***A14.2. Grau:***Mestre***A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional***A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Branch: Computational Modeling and Simulation***A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano/2º Semestre***A14.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year/2nd Semester***A14.5. Plano de estudos / Study plan**

<b>Unidades Curriculares / Curricular Units</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Relatividade Geral e Cosmologia/ General Relativity and Cosmology	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Teoria Quântica de Campos/ Quantum Field Theory	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Superfluidez, Supercondutividade e Magnetismo/ Superfluidity, Superconductivity and Magnetism	F	S	162	T-30; PL-30	6	-
Dinâmica de Fluidos e Magnetohidrodinâmica/ Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics	F	S	162	T-30; OT-30	6	Optativa/Option(*)
Simulação e Métodos de Monte Carlo/ Simulation and Monte Carlo Methods	F	S	162	T-30; PL-30	6	-

(5 Items)

**Mapa II - Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional - 2º Ano/1º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:***FÍSICA***A14.1. Study programme:***Physics***A14.2. Grau:***Mestre***A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

**Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Computational Modeling and Simulation****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano/1º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****2nd Year/1st Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário I/ Seminar I	F	S	162	S-30	6	-

(2 Items)

**Mapa II - Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional - 2º Ano/2º Semestre****A14.1. Ciclo de Estudos:****FÍSICA****A14.1. Study programme:****Physics****A14.2. Grau:****Mestre****A14.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):****Área de especialização: Modelação e Simulação Computacional****A14.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Branch: Computational Modeling and Simulation****A14.4. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano/2º Semestre****A14.4. Curricular year/semester/trimester:****2nd Year/2nd Semester****A14.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação/ Dissertation	F	A	648	O-324	24	-
Seminário II/ Seminar II	F	S	162	S-30	6	-

(2 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)***José António de Carvalho Paixão***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.***na***A17.3. Indication of the institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods.***na***A17.4. Orientadores cooperantes**

---

**A17.4.1. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das Instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB).****A17.4.1. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das Instituições de estágio responsáveis por acompanhar os estudantes (PDF, máx. 100kB)****Documento com os mecanismos de avaliação e seleção dos monitores de estágio e formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino e as Instituições de formação em serviço.***<sem resposta>*

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

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

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional Qualifications (1)	Nº de anos de serviço / No of working years
----------------	--	--	--	--

<sem resposta>

## Pergunta A18 e A20

A18. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

*Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.*

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

[A19\\_Reg\\_191\\_2014\\_CreditacaoFormacaoAnterior\\_e\\_ExperienciaProfissional\\_UC.pdf](#)

A20. Observações:

*Durante o seu percurso académico os estudantes do Mestrado em Física poderão realizar, em regime de mobilidade, unidades curriculares de um semestre ou de um ano em instituições de ensino superior inter nacionais ou nacionais com as quais a Universidade de Coimbra tenha estabelecido acordos bilaterais, programas ou redes de intercâmbio, tal como o programa Erasmus.*

A20. Observations:

*During their academic path, the students of the 1st degree in Physics can choose to do a mobility program, during one semester or a year, in another international or national university with whom the University of Coimbra has established bilateral agreements for the exchange of students, as for example through the Erasmus program.*

## 1. Objetivos gerais do ciclo de estudos

1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos.

*São objetivos gerais do curso de Mestrado em Física da FCTUC:*

*• Providenciar conhecimentos avançados de física teórica e experimental. • Providenciar conhecimentos sólidos e aprofundados de áreas nucleares de Física Moderna (Física da Matéria Condensada, Física Nuclear e de Partículas, Modelação e Simulação Computacional). • Desenvolver competências em métodos experimentais e computacionais de Física a nível avançado (instrumentação, análise de dados, planeamento experimental, metodologia científica). • Desenvolver um perfil profissional de integridade e honestidade na investigação. • Treinar a capacidade de resolução de problemas, incluindo o desenvolvimento de modelos físicos e a sua simulação, usando meios computacionais. • Efetuar investigação original supervisionada em Física, que será defendida publicamente numa dissertação em Física a realizar no último ano do curso.*

1.1. Study programme's generic objectives.

*The generic objectives of the FCTUC Master's degree in Physics are:*

*• Providing advanced scientific knowledge in theoretical and experimental Physics • Providing solid and in depth knowledge of fundamental areas of Modern Physics (Condensed Matter Physics, Nuclear and Particle Physics, Computational Modeling and Simulation) • Developing advanced computational and experimental skills in Physics (e.g. on instrumentation, data analysis, experimental planning, sound scientific methodology) • Developing a professional profile of integrity and honesty in research • Training the capacity to solve problems, including the development of physical models and their simulation using computational tools • Performing in the 2nd year of the course original, supervised, research work that will be materialized on a thesis (dissertation) in Physics, that will be defended in public.*

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

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

*O Mestrado em Física (MF) tem por objetivo dar uma formação de excelência aos estudantes, fornecendo-lhes conhecimentos especializados nas áreas de Física Nuclear e de Partículas, Física da Matéria Condensada e Simulação e Modelação Computacional, que são as principais áreas de investigação do Departamento de Física da FCTUC. O foco do ensino é tanto ao nível dos conhecimentos teóricos como das suas aplicações práticas, providenciando formação experimental em laboratórios didáticos específicos e em laboratórios de investigação. Para tal conta com o suporte dos centros de I&D sedeados no Departamento de Física da FCTUC, usufruindo do moderno equipamento aí instalado, bem como do apoio de outros centros de I&D e Departamentos da FCTUC (Química, Informática, etc). Cumprem-se, assim, os aspetos relevantes da missão da instituição, especialmente ao providenciar o conhecimento especializado em Física que permita ao estudante prosseguir estudos de terceiro ciclo e por essa via produzir e disseminar conhecimento científico, ou inserir-se na vida profissional. A formação de cientistas na área das ciências básicas contribui para o desenvolvimento científico, tecnológico e socioeconómico do país e do mundo. As ciências básicas, de que a Física é o grande pilar, estão na base dos grandes desenvolvimentos científicos e tecnológicos do mundo moderno. O MF tem por missão fundamental formar os futuros investigadores desta área de que o país e o mundo carecem, proporcionando uma formação de elevada qualidade científica e pedagógica, ao nível dos conteúdos e das competências, aferida por padrões exigentes.*

*Em geral, os Mestrandos em Física prosseguem estudos de 3º ciclo, em Coimbra, noutra universidade nacional ou em instituições estrangeiras. A formação que obtiveram no MF permite-lhes uma escolha alargada de áreas de doutoramento na Física e ciências afins, já que a aposta do MF é no fornecimento de conhecimentos de banda relativamente larga, evitando-se uma especialização excessiva. Alguns alunos optam por ingressar na vida ativa em empresas ou na indústria e a formação que obtiveram, em áreas como a computação avançada, modelação e simulação, facilita a inserção no mercado de trabalho.*

*Em resumo, os objetivos da MF estão perfeitamente alinhados com a missão da FCTUC ao apostar num ensino de excelência teórico e experimental que permita que os formandos possam apostar no mercado do trabalho ao nível de posições técnicas e de investigação ou prosseguir estudos em programas de doutoramento.*

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

*As specified in its statutes, FCTUC is dedicated to teaching and research in the fields of exact and natural sciences, engineering and architecture, and the multi and interdisciplinary areas that involve these domains. Its mission and strategy concerns the creation, analysis, criticism and dissemination of scientific, technological, engineering and cultural knowledge, contributing to the development of Portugal and the world through education, research and service to the community. The Master's Degree in Physics (MF) aims at providing the students with high-level scientific knowledge and training, in the areas of Nuclear and Particle Physics, Condensed Matter Physics and Computational Modelling and Simulation that are the main fields of research in the Physics Department of FCTUC. Teaching practice at Master's course is focused at providing both theoretical knowledge and experimental skills, including applications, in specific didactic laboratories but also in a context of research with training at R&D centres. To achieve such goal, a close collaboration exists with the R&D Centres located at Physics Department, that provide state of the art equipment and technical support for student's training. Research centres located in other Departments (Chemistry, Informatics, etc.) also provide the students laboratory facilities and training. As such, the main goals of the institution mission are addressed, by providing advanced specialised knowledge in Physics that will enable the students to proceed further studies at the PhD level and, as such, to produce and disseminate new scientific knowledge or, instead to enrol in the job market as highly qualified professionals. Training scientists in the field of basic sciences contributes to the scientific, technological and socio-economic development of the country and of the world. Basic sciences, where Physics stands at the ground, are behind the major scientific and technological developments of the modern world, and will likely continue to play a similar role in the future. The MF has the fundamental mission to prepare future researchers in this area that our country and the world need, providing high quality education, both scientific and pedagogical, gauged by very demanding standards.*

*In general, graduates in the MF continue their studies for a PhD level, in Coimbra, or at another national or foreign institution. The training obtained at MF allows them to apply for a broad choice of PhD programs in Physics and closely related areas, as the MF at FCTUC clearly opts to provide a relatively broad-band knowledge in Physics avoiding a premature too narrow specialisation. A few MF students opt not to proceed to PhD studies but rather to enrol in the labour market for positions such as high-level technician, system's analyst, etc. In particular the advanced laboratory and computational skills are judged important by the labour market that is in demand of such skills.*

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

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

*Os objetivos deste ciclo de estudos são ainda divulgados ao público em geral através da página web do*

**Departamento de Física da Universidade de Coimbra (<http://fisica.uc.pt/ax/candidatos/vemparafisica.php>).**

**A coordenação do MF procura divulgar os objetivos do ciclo de estudos junto de estudantes e de docentes. Está sempre disponível para esclarecer as dúvidas dos alunos relativas ao funcionamento das aulas e para coordenar a resolução dos problemas que vão surgindo. Reúne regularmente com os docentes para tratar de várias questões relativas à organização e funcionamento do ciclo de estudos.**

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

**The objectives of the study cycle are disseminated by NONIO which is an academic management IT platform: the information is available for the teachers at infordocente and for the students at inforestudante. For the public this information is available on the web page of the University of Coimbra - <http://cursos.uc.pt>. The objectives of this cycle of studies are also disseminated to the general public through the website of the Department of Physics of the University of Coimbra (<http://fisica.uc.pt/bx/candidatos/vemparafisica.php>).**

**The MF Coordination seeks to disseminate the objectives of the study cycle to students and teachers. It is always available to answer questions from students concerning the functioning of classes and to coordinate the resolution of problems as they arise. Meets regularly with teachers to discuss various issues concerning the organization and functioning of the study cycle.**

## **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 MF é coordenado por um docente do Departamento de Física (DF) eleito pelo Conselho Científico da FCTUC, com as funções identificadas no SGQP da UC. O processo de criação do ciclo de estudos na UC inicia-se com uma proposta de oferta formativa (ou revisão/atualização da existente), envolvendo as Unidades Orgânicas (UO), os Centros de Serviços Comuns e Especializados, a Reitoria/Senado e o Conselho Geral, culminando com a sua submissão junto da A3ES. A tramitação das alterações decorre de forma idêntica, sendo, depois de aprovadas, comunicadas à DGES e publicadas em DR.**

**A revisão/atualização dos conteúdos programáticos é articulada pelo Coordenador da Curso em colaboração com os docentes, sendo consultadas a Comissão Científica do DF, as unidades de investigação e os alunos. As propostas aprovadas pelo DF são enviadas à FCTUC, que dá sequência à sua tramitação. A distribuição do serviço docente é assegurada pelos Departamentos, estando sujeita a aprovação pelo seu Conselho Científico.**

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

**The MF is coordinated by a professor from the Physics Department (DF), elected by the Scientific Council of FCTUC with his functions identified in the SGQP of UC. The process of creation of a new study cycle at UC begins with a learning proposal (or review/update of an existing one) and involves the Organisational Unit (OU), the Central Services, the Dean/Senate and General Council, being concluded with the submission for accreditation at A3ES. The procedure for changes is identical, and once approved, the proposal must be sent to DGES and published in the national official journal. In the MF, the syllabus revision/updating is promoted by the Coordinator in cooperation with the involved teachers, upon consulting the Scientific Committee of DF, the Research Centers and the students. The approved proposals are sent to FCTUC, which gives sequence to the approval procedures. The allocation of academic work is ensured by the Departments, being subject to approval by the Scientific Council.**

**2.1.2. Forma de assegurar a participação ativa de docentes e estudantes nos processos de tomada de decisão que afetam o processo de ensino/aprendizagem e a sua qualidade.**

**A participação ativa dos docentes e estudantes é assegurada pela aplicação regular de inquéritos pedagógicos e pela reflexão inerente ao processo de autoavaliação realizado por cada ciclo de estudos e pela UO. Para além dos dados quantitativos são também analisados comentários e sugestões de estudantes e docentes, integrando o processo de melhoria da UC. Os estudantes e docentes são ainda representados nos órgãos de governo da UC, nomeadamente Conselhos Geral e de Gestão, Senado e Conselho Pedagógico da FCTUC.**

**A coordenação do MF promove a apresentação de sugestões, problemas e opiniões por parte dos estudantes e dos docentes relativamente ao funcionamento do Ciclo de Estudos. Os docentes são contactados regularmente relativamente à organização e funcionamento do MF, sendo sempre auscultados nos processos de alteração e revisão do ciclo de estudos. É promovido o contato informal de alunos e docentes com a coordenação do MF para exposição dos seus problemas e sugestões.**

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

**The active participation of teachers and students is ensured with regular educational surveys. The results are**

*subject to analysis and discussion to develop the self-assessment of the study cycle and OUs' reports. In addition to quantitative data, comments and suggestions of students and teachers are also considered in the improvement process. Students and teachers are also represented at UC's governing bodies, namely the General and Management Councils, Senate and Pedagogical Council of FCTUC. The MF Coordination actively promotes the presentation of suggestions, complaints, problems and opinions from students and teachers regarding the operation of the Study Cycle. The teachers' opinion is always considered during the adjustment processes and study cycle reviews. It is promoted the informal contact of students and teachers with the coordination of LF to expose their problems and suggestions.*

## 2.2. Garantia da Qualidade

---

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

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

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

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

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

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

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

*Rector team and Evaluation and Improvement Unit.*

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

*Existe um sistema de informação através do qual é assegurada a produção automática de indicadores referentes às unidades curriculares do curso (p.e. sucesso escolar) e aos inquéritos pedagógicos. A informação proveniente destas e de outras fontes é analisada pelo coordenador do curso que deverá acompanhar o funcionamento do ciclo de estudos (p.e. adequada articulação entre unidades curriculares, esforço esperado e concretizado pelos estudantes, distribuição das datas de avaliação e volume de trabalho) em ligação com os docentes do ciclo de estudos, diretores de departamento e UO.*

*No final do ano a informação é coligida e analisada para efeitos de autoavaliação do ciclo de estudos.*

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

*The information system generates indicators regarding course units (e.g. academic success) and educational surveys. This information and the data from other sources are analyzed by the coordinator of the study cycle who will oversee its functioning (e.g. adequate articulation between course units, effort expected and achieved by students, distribution of assessment dates and workload) in collaboration with the teachers of the study cycle, department directors and the OU director. At the end of the year the information is collected and analyzed for the purpose of self-assessment of the study cycle.*

### 2.2.4. Link facultativo para o Manual da Qualidade

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

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

*Os resultados das avaliações são discutidos com as diferentes partes interessadas no âmbito da elaboração do relatório de autoavaliação do MF. As ações de melhoria daí decorrentes são discutidas numa sessão anual que envolve toda a comunidade académica, os restantes ciclos de estudos e a Unidade Orgânica no seu todo. A coordenação do ciclo de estudos analisa, em ligação com o Diretor do DF, o funcionamento das unidades curriculares e discute com os seus docentes todas as situações não satisfatórias em termos de taxa de sucesso e/ou de apreciação global de funcionamento. Os diferentes Departamentos da FCTUC possuem mecanismos que promovem a discussão destas situações em sede de Comissão Científica podendo, nalguns casos, haver*

**consequências ao nível da distribuição de serviço docente no ano letivo seguinte. A coordenação do MF está igualmente atenta à carga de esforço das unidades curriculares, e a uma uniforme distribuição temporal de entregas de trabalhos e de momentos de avaliação.**

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

**The results of the evaluations are discussed with different stakeholders who contribute to the self-assessment report elaboration. These results and the corresponding improvement actions, as well as those of other study cycles and of the OU as a whole, are also discussed at the annual meeting involving the entire academic community.**

**The study cycle coordination analyses, in connection with the DF director, the functioning of the curricular units and discusses with their teachers all inadequate situations in the success and/or global functioning assessment items. The FCTUC departments have mechanisms that promote the discussion of these situations in their Scientific Committees. In some cases, there can be consequences in the allocation of teachers to curricular units in the following academic year. The MF coordination is also watchful of the curricular units' load of effort, and to a uniform temporal distribution of the moments of delivery of academic work and academic evaluation.**

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

**O Mestrado em Física da FCTUC foi acreditado preliminarmente pela A3ES no âmbito do processo CEF/0910/09242 (12-12-2011).**

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

**The preliminary accreditation of the Master's Degree in Physics of FCTUC was awarded by A3ES in the context of the process CEF/0910/09242 (12-12-2011).**

## 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 <sup>2</sup> )
Salas de Estudo/ Lecture Rooms	567
Anfiteatros/ Amphitheaters	486
Laboratórios Didáticos/ Didactic Laboratories	1060
Salas de Computadores/ Computer Rooms	192
Bibliotecas/ Libraries	561
Sala de Conferências/ Conference Room	139
Sala de Estudo Multimédia/ Multimedia Study Room	184
Biblioteca e Mediateca "Rómulo de Carvalho"/ Library and Media Center "Rómulo de Carvalho"	115
Laboratórios de Investigação/ Research Laboratories	2472
Espaços Técnicos (Oficinas, armazenamento de materiais radioactivos, etc)/ Technical Areas (workshops, storage of radioactive materials, etc.)	902
Plataforma analítica TAIL-UC (Trace Analysis and Imaging Laboratory)/Analytic Platform TAIL-UC (Trace Analysis and Imaging Laboratory)	560

#### 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
--	-----------------

Laboratório Didáctico de Física da Matéria Condensada: Lei de Wiedemann-Franz; Efeito de Hall em metais e semicondutores; Efeitos Termoeléctricos; Calor específico de metais e isoladores; Propriedades eléctricas, térmicas e ópticas de semicondutores; Experiências de caracterização de supercondutores; Aparelho para estudo das propriedades mecânicas dos materiais (módulo de Young); Difracção de raios-X em pó e monocristal, etc./ Teaching Laboratory of Condensed Matter Physics: Wiedemann-Franz's Law; Hall effect in metals and semiconductors; Thermoelectric Effects; Specific Heat of Metals and Insulators; Electric, thermal and optical properties of semiconductors, etc.	1
Laboratório Didáctico de Física Nuclear e da Radiação: Experiência de Rutherford; Experiências básicas de radioactividade (Contador Geiger; Espectroscopia gama com cintiladores; Abundância natural do <sup>40</sup> K; Tempos de vida de materiais activados com neutrões), Material para experiências avançadas de radiação (electrónica nuclear, detectores com localização; Deposição de energia por partículas alfa no ar; Correlação angular no <sup>22</sup> Na; Espectroscopia por fluorescência de raios-X; Vida média do muão, etc./ Teaching Laboratory of Nuclear and Radiation Physics: Rutherfords Experiment; Basic Experiments on Radioactivity (Geiger Counter; Gamma Spectroscopy with Scintillators; Natural abundance of <sup>40</sup> K; Neutron Activation Analysis); Diverse equipment for advanced experiments on radiation physics (nuclear electronics, position sensitive detectors; energy deposition of alpha-particles in air; Angular Correlation in <sup>22</sup> Na, X-Ray Fluorescence spectroscopy; muon life-time, etc.	1
Laboratório Didáctico de Física e Tecnologia do Vácuo (bombas de vácuo de vários tipos, sistemas de medição de pressão e análise de gases) / Vacuum Physics Laboratory (several types of vacuum pumps, pressure gages, system for analysis of residual gases, etc)	1
Computadores LINUX/Windows para uso dos estudantes/ LINUX/Windows/iMac computers available for students	175
Sistema de Medida de Propriedades Físicas PPMS Quantum Design, com um ímã supercondutor de 9T para medidas entre 1.8 e 400 K/Physical Properties Measuring System (PPMS) Dynacool Quantum Design, equipped with a 9 T superconducting magnet for measurements in the temperature range 1.8 K-400 K	1
Espectrómetro de massa Thermo ICAP-Qc ICP-MS com célula de colisão/reação/Thermo ICAP-Qc ICP-MS (Induced Coupled Plasma Mass Spectrometer) with collision/reaction cell	1
Difractómetro de Raios-X para monocristal, radiação Mo, APEX II com detector CCD 4K/ APEX II single crystal X-ray diffractometer, Mo radiation, 4K CCD detector	1
Difractómetros de Raios-X para policristais, Bruker AXS Advance/Phillips/ X-ray Powder diffractometers Bruker AXS and Phillips	2
Difractómetro para filmes finos e análise de tensões residuais, radiação Mo, Seifert, detector de Ge/ Seifert X-ray diffractometer for thin films, reflectometry and residual stress measurements, Mo radiation, Ge detector	1
Difractómetros de Raios-X portáteis para medição de tensões residuais (proto, SETX)/ Portable X-ray diffractometers for residual stress measurements (proto, SETX)	2
Câmara de altas temperaturas (1600C) para XRD/X-ray High-temperature (1600C) chamber for powder XRD	1
Criostatos Oxford Cryostream e N-Helix 28-500K/ Oxford Cryostream and N-helix Cryostat 28-500K	4
Microscópio AFM/STM NT-MDT Ntegra Prima/ AFM/STM NT-MDT Ntegra prima	1
Microscópio electrónico de varrimento VegaTescan com detetores SE, BSE e EDS/ Scanning electron microscope Tescan Vega3 with BSE, SE and EDS detectors	1
Microscópio de IR Nicolet-Thermo IN10 com câmara CCD e detetores, DTGS e MCT-A /Nicolet-Thermo IN10 infrared microscope with mapping and imaging capabilities with low-noise CCD camera, DTGS and MCT-A detectors.	1
Calorímetro Diferencial de Varrimento/TG Perkin-Elmer/ Differential Scanning Calorimeter/TG Perkin-Elmer	2
Espectrómetros Mossbauer/ Mossbauer Spectrometers	2
Sistema para medição de propriedades de transporte (Amplificador Lock-in SR 830 DSP, electrómetro Keithley 615 A, electromagnete)/ Transport properties measurement system (SR 830 DSP Lock-in amplifier, Keithley 615 A electrometer, electromagnet)	1
Criostatos de He de ciclo fechado/ Closed cycle He refrigerators	3
Moínho para mecanosíntese de nanomateriais/ Ball-milling systems for the synthesis of nanomaterials	1
Sistema de fotoluminescência/ Photoluminescence system	1
Espectrómetro de micro-Raman/ Micro-Raman Spectrometer	1
Sistema para medição de correlações angulares perturbadas/ Perturbed Angular Correlation (PAC) system	1
Sistema para medidas com a técnica de aniquilação de positrões/ Positron anyhilation system	1
Sistema para deposição de filmes finos/ Physical Vapour Deposition System (fthin films)	2
Sistema de hidrogenação de amostras/ System for hydrogenation of samples	1
Fornos para síntese e tratamento térmico de amostras/ Furnaces for synthesis and thermal treatment of samples	3
Microscópio de fluorescência de RX Hitachi EA6000VX Hitachi EA6000VX com detetor Vortex SDD/ X-Ray Fluorescence equipment with fast mapping capability with a Vortex Silicon Drift detector	1
Sistema de digestão de amostras por micro-ondas e de produção de ácido ultra-puro para a preparação de amostras para ICP-MS/ Microwave digestion system and ultra-pure sub-boiling acid destillator for sample preparation for ICP-MS analysis	1
Espectrometros de massa/ Mass spectrometers	2
Espectrometros de fluorescência de raios X/ X ray fluorescence spectrometers	1
Sistemas de Alto Vácuo/ High vacuum systems	6
Contadores proporcionais de radiação/ Proportional radiation counters	4
Sistemas de Aquisição e processamento de sinais/ Signal processing and acquisition systems	12
Geradores de sinais e electrónica rápida / Pulse generators and fast electronic units	6
Fonte de neutrões AmBe/ Neutron AmBe source	1
Fotodetectores de grande área/ Large Area PhotoDetectors (LAPD)	10
Detectores de Germânio de Alta performance/ High Performance Germanium Detectors (HPGe)	1

Sistemas de espectroscopia com detectores de NaI(Tl)/ Spectroscopy systems using NaI(Tl) detectors	6
Canhão de electrões (< 30 keV)/ Electron gun (< 30 keV)/ Electron gun (<30 keV)	1
Câmaras CCD (IR e UV)/ CCD cameras (IR e UV)	2
Sistemas de detecção de fóton único /Single photon detection systems	2
Supercomputador Navigator, com 3936 núcleos de processamento, 16 Tb de RAM e 180 Tb de disco/Navigator supercomputer with 3936 cores, 16 Tb RAMd 180 Tb hard disk storage	1
Cluster de computação GRID para simulação e análise de dados (176 CPUs) / GRIP computing for simulation and data analysis	1
Câmara limpa/ Clean room	1
Detectores de fugas / Leakage detectors	1

## 3.2 Parcerias

### 3.2.1 Parcerias internacionais estabelecidas no âmbito do ciclo de estudos.

*O Departamento de Física possui uma série de acordos específicos para o MF com várias Universidades Europeias, no âmbito de parcerias internacionais da UC, nomeadamente 6 universidades na Alemanha, uma na Dinamarca, uma na Finlândia, duas na Holanda, cinco em Espanha, seis em Itália, quatro em França, duas na Polónia, uma na Turquia, duas na Roménia e duas na República Checa. Para além do programa Erasmus, também existe, a nível da UC, um programa de mobilidade com os EUA (o programa MAUI/rede Utrecht), com a Austrália (programa AEN/rede Utrecht) e com o Brasil (vários programas). O MF acolheu nos últimos anos vários Estudantes Internacionais de diferentes nacionalidades, incluindo alguns do Brasil e de países do médio oriente em programas específicos de cooperação.*

#### 3.2.1 International partnerships within the study programme.

*Under the agreements and international partnerships of UC, the Physics Department has a set of specific agreements with several European Universities that involve the MF, namely with six universities in German, one university in Denmark, one in Finland, two in the Netherlands, five in Spain, six in Italy, four in France, two in Poland, one in Turkey, two in Romania and two in the Czech Republic.*

*In addition to the Erasmus program, there are also, at the UC level, an exchange program with the United States (the program MAUI / Utrecht network), with Australia (AEN program / Utrecht network) and Brazil (various programs).*

*The MF received in the last years several International Students of different nationalities, including a few from Brazil and middle east countries from specific cooperation programmes with these countries.*

### 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 Divisão de Inovação e Transferências do Saber (DITS) e da Divisão de Planeamento e Saídas Profissionais (DPSP), a UC desenvolve um conjunto de actividades com empresas com vários objectivos, entre eles, identificar resultados da investigação com potencial comercial, promover a empregabilidade através da realização de estágios em contexto de trabalho, que permitem aos estudantes melhorar a sua formação académica e às empresas envolvidas uma oportunidade de avaliar a qualidade da formação na UC.*

#### 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

*To promote the relationship with companies and other external institutions, the UC, through DITS and DPSP, develops a wide range of initiatives, with the objective of identifying research outcomes with a commercial potential, promote employability through a first short-term experience in workplaces, seen as significant in the academic students training and as an opportunity for business companies to closely assess the quality of training at the UC.*

### 3.2.3 Colaborações intrainstitucionais com outros ciclos de estudos.

*O Mestrado em Física da UC não é lecionada em associação com qualquer outra instituição de ensino superior nacional. Existe uma colaboração com os Mestrados em Engenharia Física, em Ensino da Física e da Química, e em Astrofísica e Instrumentação para o Espaço da UC, com vários docentes a participarem na leccionação de ambos os ciclos de estudos. Algumas unidades curriculares são partilhadas pelos cursos, como unidades obrigatórias ou optativas.*

#### 3.2.3 Intrainstitutional collaborations with other study programmes.

*The Master's Degree in Physics of UC is not taught in association with any other national institution of higher education. There is a close collaboration with the Master degrees in Physics Engineering, in Teaching of Physics and Chemistry, and in Astrophysics and Instrumentation for Space of UC, with several teachers lecturing in both*

*cycles of studies.*

*A few curricular units are shared between these degrees, as compulsory or optional units.*

## 4. Pessoal Docente e Não Docente

### 4.1. Pessoal Docente

---

#### 4.1.1. Fichas curriculares

Mapa VIII - Manuel Joaquim Baptista Fiolhais

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

*Manuel Joaquim Baptista Fiolhais*

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

*<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 - Alexandre Miguel Ferreira Lindote

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

*Alexandre Miguel Ferreira Lindote*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

##### 4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

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

*100*

##### 4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Andrey Morozov

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

*Andrey Morozov*

##### 4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em

A1):

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

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

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Brigitte Anabelle Vaz Abreu Hiller

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

*Brigitte Anabelle Vaz Abreu Hiller*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Catedrático ou equivalente*

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

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Filipe Manuel Almeida Veloso

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

*Filipe Manuel Almeida Veloso*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

4.1.1.4. Categoria:

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

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

*100*

4.1.1.6. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Mapa VIII - Isaac Vidaña Haro

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

*Isaac Vidaña Haro*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

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

*Joaquim Marques Ferreira dos Santos*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Catedrático ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - José António de Carvalho Paixão****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*José António de Carvalho Paixão*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Catedrático ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

**Mostrar dados da Ficha Curricular****Mapa VIII - Manuela Ramos Marques da Silva****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Manuela Ramos Marques da Silva*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - Pedro Almeida Vieira Alberto****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Pedro Almeida Vieira Alberto*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - Rui César do Espírito Santo Vilão****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Rui César do Espírito Santo Vilão*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

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

*Rui Ferreira Marques*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Catedrático ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

**Mapa VIII - Sílvia Chiacchiera****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Sílvia Chiacchiera*

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

*Universidade de Coimbra*

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

*Faculdade de Ciências e Tecnologia*

**4.1.1.4. Categoria:**

*Professor Auxiliar convidado ou equivalente*

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

*100*

**4.1.1.6. Ficha curricular de docente:**

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

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

*Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa*

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

*<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 - Fernando Manuel da Silva Nogueira****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):**

*Fernando Manuel da Silva Nogueira*

**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 Carlos Lopes Carvalho

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

*João Carlos Lopes Carvalho*

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 - Rui Davide Martins Travasso

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

*Rui Davide Martins Travasso*

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 - Pedro Fernando Simões Costa

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

**Pedro Fernando Simões 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 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 - Carlos Manuel Batista Fiolhais**

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

*Carlos Manuel Batista Fiolhais*

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 - Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais**

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

*Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais*

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

<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 - Maria Margarida Ramalho Ribeiro da Costa****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Margarida Ramalho Ribeiro da Costa***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;sem resposta&gt;

**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 - Francisco Amaral Fortes de Fraga****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Francisco Amaral Fortes de Fraga***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;sem resposta&gt;

**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 - Maria Isabel Silva Ferreira Lopes****4.1.1.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Isabel Silva Ferreira Lopes***4.1.1.2. Instituição de ensino superior (preencher apenas quando diferente da Instituição proponente mencionada em A1):**

&lt;sem resposta&gt;

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

&lt;sem resposta&gt;

**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**

<b>Nome / Name</b>	<b>Grau / Degree</b>	<b>Área científica / Scientific Area</b>	<b>Regime de tempo / Employment link</b>	<b>Informação/ Information</b>
Manuel Joaquim Baptista Fiolhais	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alexandre Miguel Ferreira Lindote	Doutor	Física Experimental	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Andrey Morozov	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Brigitte Anabelle Vaz Abreu Hiller	Doutor	Física Teórica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Filipe Manuel Almeida Veloso	Doutor	Física Experimental	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Isaac Vidãña Haro	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Joaquim Marques Ferreira dos Santos	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José António de Carvalho Paixão	Doutor	Física do Estado Sólido	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Manuela Ramos Marques da Silva	Doutor	Física do Estado Sólido	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Almeida Vieira Alberto	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui César do Espírito Santo Vilão	Doutor	Física Experimental	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Ferreira Marques	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Sílvia Chiacchiera	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Constança Mendes Pinheiro da Providência Santarém e Costa	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Fernando Manuel da Silva Nogueira	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Carlos Lopes Carvalho	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Davide Martins Travasso	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Fernando Simões Costa	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Manuel Batista Fiolhais	Doutor	Física Teórica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Alexandra Albuquerque Faria Pais	Doutor	Geofísica Interna	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Margarida Ramalho Ribeiro da Costa	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Francisco Amaral Fortes de Fraga	Doutor	Física da Radiação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Isabel Silva Ferreira Lopes	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
			<b>2500</b>	

&lt;sem resposta&gt;

**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**

<b>Corpo docente próprio / Full time teaching staff</b>	<b>Nº / No.</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	25	100

**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**

<b>Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff</b>	<b>ETI / FTE</b>	<b>Percentagem* / Percentage*</b>
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	25	100

#### 4.1.3.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

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

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):	25	100
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:	25	100
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE):	0	0

#### Perguntas 4.1.4. e 4.1.5

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

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

*A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efetuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas. Relativamente a cada uma das vertentes, a avaliação dos docentes pode incluir duas componentes: avaliação quantitativa e avaliação qualitativa.*

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

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

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

*O resultado final da avaliação de cada docente é expresso numa escala de quatro posições: excelente, muito bom, bom e não relevante.*

*Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objetivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente atualização do processo.*

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

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

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

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

*Quantitative evaluation is based on a set of performance indicators and factors. Each performance indicator is a*

*well-defined aspect of the teacher's activity and the factors represent an evaluation, defined by the Scientific Board or the Director of the Organisational Unit (OU), for each subject area. Thus, factors allow quantitative evaluation to adjust the context of each subject area.*

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

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

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

<https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2010/05/087000000/2387923890.pdf>

## 4.2. Pessoal Não Docente

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

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

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

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

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

*The members of the non-academic staff of the Physics Department of Coimbra University work in full time extending their activity over several areas, supporting teaching activities: secretarial services (4), academic resources (2), library services (1), informatics resources (1) and expert technical assistance (2).*

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

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

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

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

*As contratações mais recentes privilegiaram pessoal com qualificações mais elevadas.*

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

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

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

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

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

*Uma plataforma informática, concebida para o efeito, tem permitido gerir o processo com bastante rigor, facilitando a articulação integrada, nas diversas fases, das atuações de todos os intervenientes, sem descurar a dimensão e as características intrínsecas da Universidade de Coimbra.*

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

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

*This evaluation process sets some parameters and goals, measures the performance follow up, considering not*

*only the worker functions, but also his professional development. The performance differentiation is guaranteed by the setting of maximum percentages for the highest evaluation levels.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 5. Estudantes e Ambientes de Ensino/Aprendizagem

### 5.1. Caracterização dos estudantes

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

##### 5.1.1.1. Por Género

###### 5.1.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

Género / Gender	%
Masculino / Male	81.25
Feminino / Female	18.75

##### 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	56.25
24-27 anos / 24-27 years	25
28 e mais anos / 28 years and more	18.75

#### 5.1.2. Número de estudantes por ano curricular (ano letivo em curso)

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

Ano Curricular / Curricular Year	Número / Number
1º ano curricular / 1st curricular year	5
2º ano curricular / 2nd curricular year	12
	17

### 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	40	40	40
N.º candidatos 1.ª opção / No. 1st option candidates	8	11	6
N.º colocados / No. enrolled students	8	11	6
N.º colocados 1.ª opção / No. 1st option enrolments	8	11	6
Nota mínima de entrada / Minimum entrance mark	12.3	11.5	13.3
Nota média de entrada / Average entrance mark	13.3	14.2	15.5

### 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)

*Embora com variações anuais, uma vez que os estudantes escolhem livremente o ramo de especialização, tem havido nos últimos anos um equilíbrio na partição dos estudantes pelos três ramos de especialização do curso.*

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

*In the last few years there has been a balance in the partition of the students between the three branches of the course, although with some variation from year to year, as the students are free to choose the specialisation branch.*

## 5.2. Ambientes de Ensino/Aprendizagem

### 5.2.1. Estruturas e medidas de apoio pedagógico e de aconselhamento sobre o percurso académico dos estudantes.

*A UC, através da Divisão de Aconselhamento e Integração dos Serviços de Ação Social, mais concretamente do Núcleo de Integração e Aconselhamento, presta apoio psicopedagógico aos estudantes da UC e apoio no âmbito das necessidades educativas especiais em articulação com os órgãos de gestão da UC/UO. O Gabinete de Apoio ao Estudante, da FPCE, dá não só resposta aos estudantes desta faculdade como apoia todos os outros e demais estruturas da UC, sempre que solicitado, particularmente nas seguintes áreas: apoio psicológico e psicopedagógico, aconselhamento de carreira.*

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

*The Coimbra University, through the Division of Counseling and Social Action Integrations' Services, namely through the Center for Integration and Counseling, provides educational psychological support to students at UC and also support within the special educational needs, in conjunction with the management bodies of the UC /UO. The Student Support Office, from the Faculty of Psychology and Educacional Sciences, provides support not only to his students but also to every other student, staff and university services, when requested, especially in the áreas of psychological support and career counselling.*

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

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

*diretores de UO e com os núcleos de estudantes.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*No final de cada semestre, os estudantes respondem a um inquérito pedagógico, como estabelecido na UC. Os resultados deste inquérito são integrados no inquérito aos docentes, permitindo que estes façam uma reflexão sobre os mesmos, sendo integrados na autoavaliação do ciclo de estudos e da UO, e utilizados na definição das ações a implementar.*

*No Departamento de Física os resultados académicos dos estudantes são acompanhados individualmente e aqueles que não atingiram o nível de sucesso deseja do são convidados pelo coordenador a expor as dificuldades encontradas e a procurar uma solução, nomeadamente, o apoio de um tutor para acompanhar o estudo. Os docentes das disciplinas cujos resultados sejam menos satisfatórios são confrontados com os mesmos pelo coordenador do ciclo de estudos e pelo Director do Departamento de Física, procurando-se encontrar uma solução, que pode passar pela alteração da estratégia pedagógica ou pela alteração do corpo docente da disciplina.*

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

*As established at the University, an educational survey to the students is conducted at the end of each semester. The main results of this survey are integrated in the subsequent teachers' survey allowing them to take them into consideration. All survey results and teachers' reflections are incorporated in the study cycle and OU self-assessments, and in the definition of improvement actions.*

*At the Physics Department, the students' academic achievement is tracked individually and those who have not reached the desired level of success are invited by the coordinator for a discussion about the difficulties encountered and are helped in the search for a solution, sometimes by designating a tutor to accompany his/her study. The MF coordinator and the Director of the DF talk with the teachers whose results have been less satisfactory with the aim of solving the problems encountered, either by changing the pedagogical strategy or changing the academic staff involved in that subject.*

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

*A UC criou uma rede interna coordenada pela Divisão de Relações Internacionais (DRI) com o objetivo de promover uma mobilidade de qualidade respeitando escrupulosamente as regras do ECTS. Em todas as unidades orgânicas/*

*departamentos existem coordenadores que se ocupam fundamentalmente do contrato de estudos e do reconhecimento dos créditos obtidos.*

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

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

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

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

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

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

## 6. Processos

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

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

*Conhecimentos sólidos e aprofundados de Física, com ênfase em assuntos de Física Moderna, em particular os relacionados com os três ramos do curso de Mestrado: Física da Matéria Condensada, Física Nuclear e de Partículas, Modelação e Simulação Computacional. Familiarização com investigação fundamental e aplicada em Física. Competências para a resolução de problemas. Competências em modelação usando ferramentas de computação avançada, simulação de fenómenos físicos, incluindo sistemas quânticos e complexos, desenvolvimento algorítmico e programação. Competências instrumentais, em particular na manipulação de instrumentação avançada usada na investigação atual em Física, incluindo instrumentação analítica. Competências no planeamento de desenho de experiências em Física e respetivo processamento analítico e estatístico dos dados. Análise e pensamento crítico na construção de modelos físicos, capacidade de adaptação de modelos a novos dados. Competências em estimar, avaliando ordens de grandeza em diferentes situações; uso de soluções conhecidas em novos problemas; capacidade de avaliar o significado dos resultados. Competências em pesquisas de literatura científica e no uso das modernas ferramentas informáticas e da Web disponíveis para os investigadores. Competências profissionais e humanas, incluindo ética científica, comunicação em ciência, apresentação de comunicações científicas em inglês (orais e escritas) relevantes para a investigação em Física.*

*As unidades curriculares do MF que se especificam nas fichas curriculares anexas possuem os conteúdos e são leccionadas com as metodologias adequadas aí especificadas que têm em vista a operacionalização destes objetivos de aprendizagem, não apenas ao nível dos conhecimentos mas também das aptidões e competências. Há um amplo espaço na carga letiva dedicada a aulas tutoriais, de resolução de problemas e laboratoriais em contexto de laboratório de investigação que têm em vista uma maior eficácia no treino destas aptidões e competências. As unidades curriculares de Seminário I e Seminário II têm como objetivo principal o treino das "soft skills", nomeadamente em comunicação científica, que tão importantes são no mundo atual. No seu trabalho de dissertação o estudante pode desenvolver de forma plena, apoiado por supervisão competente em ambiente de investigação de elevada qualidade, as competências de investigação e de trabalho em equipa, que serão importantes para o prosseguimento de estudos de doutoramento ou inserção no tecido industrial ou empresarial.*

*A medição do grau de aferimento do cumprimento destes objetivos faz-se de forma continuada, recorrendo aos mecanismos de controle de qualidade implementadas no curso, nomeadamente uma análise do desempenho académico dos estudantes, auscultação dos seus empregadores e orientadores, tendo também um papel fundamental a auscultação dos próprios estudantes na forma presencial e nos inquéritos pedagógicos.*

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

*Solid and in depth knowledge of Physics, with a particular emphasis on topics of Modern Physics of the respective specialisation branches of the Master's degree: Condensed Matter Physics, Nuclear and Particle Physics, Computational Modelling and Simulation. Familiarity with research in Physics, at both the fundamental and applied level. Problem solving skills. Modelling skills using advanced computational tools, simulation of physical phenomena including quantum and complex systems, algorithmic development and computer programming.*

*Instrumental skills, in particular those involved in manipulation of advanced instrumentation used in contemporary Physics research, including analytic instrumentation. Experimental planning skills and skills in data analysis and processing. Critical thinking and analysis in the construction of physical models, and capacity to adapt existing models to new data. Evaluation skills including the ability to estimate orders of magnitude of the relevant quantities involved in a given problem; capacity to adapt solutions of known problems to new ones and also to analyse and evaluate the significance of the results. Skills in searching and selecting relevant scientific literature data, including the use of modern informatics applications and databases and Web data and services for researchers. Character and professional attitudes, including ethics in research, science communication, soft skills relevant to deliver scientific communications (both oral and written) in English.*

*The curricular units of MF that are specified in detail in attached documents are designed to deliver the knowledge and the methodologies there specified, having in mind the operationalisation of the above mentioned learning outcomes, not only at the level of scientific content but also for acquiring the desired skills and correct attitudes. There is ample room in the course for tutorials, problem solving classes and laboratory work and training within research units, that are particularly important for the training of such skills and attitudes. The curricular units "Seminário I" and "Seminário II" have as their main goal the training of soft skills, in particular communication skills, that are so important in the contemporary world. During their research project undertaken in the curricular unit "Dissertação", the students perform supervised research in a real research environment of high quality, and develop their research and team work skills, that will be most relevant for those latter engaging in PhD studies as well as for those proceeding to the labor market in industry, services or entrepreneurship.*

*The measurement of the degree of fulfilment of the learning outcomes is performed along the academic year, by applying the quality control mechanisms implemented, namely an analysis of the academic performance of the students, hearing from the employers and supervisors, and most important from the students themselves directly and from surveys.*

**6.1.2. Periodicidade da revisão curricular e forma de assegurar a atualização científica e de métodos de trabalho.**  
*Pretende-se que a periodicidade da revisão curricular seja de 5 anos, de acordo com os ciclos de avaliação e acreditação do programa de estudos. Estas revisões curriculares podem contemplar alterações nas unidades curriculares obrigatórias, no número de ECTS e/ou carga horária atribuída a cada unidade curricular e no número de ECTS atribuídos a uma dada área científica. Poderão eventualmente ser feitos anualmente ajustes pontuais aos programas e metodologias de algumas unidades curriculares, alterações estas que serão sempre supervisionadas pelo coordenador do curso e da comissão científica do Departamento de Física.*

**6.1.2. Frequency of curricular review and measures to ensure both scientific and work methodologies updating.**  
*The proposed frequency of curricular review is 5 years, following the cycles of the evaluation and accreditation of the course. The curricular reviews concern changes in the mandatory curricular units, in the number of ECTS and/or in the number of contact hours of the curricular units and in the number of ECTS attributed to a certain scientific area. Small changes in the syllabus and methodologies of some curricular units can be made annually, when considered relevant by the course coordinator and the scientific council of the Physics Department.*

## **6.2. Organização das Unidades Curriculares**

---

### **6.2.1. Ficha das unidades curriculares**

#### **Mapa X - Computação Paralela / Parallel Computing**

##### **6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Computação Paralela / Parallel Computing*

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

*Pedro Almeida Vieira Alberto - T = 60.00*

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

*n/a*

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

*Objetivos:*

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

*Competências:*

*Competência em análise e síntese;*  
*Competência em resolução de problemas;*  
*Uso da internet como meio de comunicação e fonte de informação;*  
*Capacidade de decisão;*  
*Competência em raciocínio crítico;*  
*Competência em aprendizagem autónoma;*  
*Adaptabilidade a novas situações.*  
*Competência em investigar.*

#### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

*Objectives:*

*Know the architecture of parallel machines;*  
*Know how to distribute, in selected problems, a computational task to several (as much as possible) independent processes;*  
*Understand when to use the different parallel programming paradigms.*

*Competences:*

*Develop analysis and synthesis abilities;*  
*Problem solving;*  
*Usage of internet as communication means and source of information;*  
*Decision-making capability;*  
*Critical reasoning;*  
*Capacity for autonomous learning;*  
*Adaptability to new situations;*  
*Research ability*

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

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

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

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

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

#### 6.2.1.5. Syllabus:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Avaliação:**

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

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

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

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

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

**Evaluation:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<http://www.openmp.org>

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

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

#### 6.2.1.1. Unidade curricular:

*Dinâmica de Fluidos e Magnetohidrodinâmica / Fluid Dynamics and Magnetohydrodynamics*

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

*Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira - OT + T = 60.00*

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

n/a

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

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

*Compreensão do mecanismo de indução electromagnética que tem origem no movimento de fluidos bons condutores eléctricos.*

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

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

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

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

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

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

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

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

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

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*Revisão de conceitos básicos de dinâmica de fluidos.*

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

*Aproximação magnetohidrodinâmica e equação de indução.*

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

*Soluções estacionárias; escoamento de Hartmann.*

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

*Aplicações; mecanismo de dínamo, aplicações geofísicas e astrofísicas.*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*Revision of basic concepts in fluid dynamics.*

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

*Magnetohydrodynamics approximation and the induction equations.*

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

*Stationary solutions; Hartmann flow.*

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

*Applications; dynamo mechanism; geophysical and astrophysical applications.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Avaliação:**

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

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

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

*Expository teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented. Systems will be modelled using computational tools.*

**Evaluation:**

- **Assessment 1 (**

*Mini Tests - 70.0%, Synthesis work - 30.0%)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Mapa X - Dissertação / Dissertation**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Dissertação / Dissertation*

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

*José António de Carvalho Paixão - O = 324.00*

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

**Desenvolver:**

*a) capacidade de organização, planeamento e decisão*

*b) capacidade de realizar investigação científica ou de índole tecnológica*

*c) capacidade de aplicar e interligar conhecimentos*

*d) capacidade criativa e crítica*

*e) capacidade de articular o pensamento, de o apresentar e de argumentar uma tese.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

**Develop:**

- a) *organizational, planning and decision skills*
- b) *ability to carry out scientific or technological research*
- c) *capacity to implement and interconnect knowledge*
- d) *creative and critical ability*
- c) *ability to articulate the thought, bring it out and argue a thesis.*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*O estudante realizará um trabalho de investigação científica na área de especialização do Mestrado em Física, a ser reportado num trabalho escrito (dissertação) que será defendido em provas públicas por um júri.*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*The student will perform research work on a theme of the field of the Master's specialisation that will be reported in a written text (dissertation) to be defended in public by a jury.*

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

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

*Nos casos em que os trabalhos de investigação envolvam uma organização externa à Universidade, o aluno terá também um orientador designado por essa entidade, que supervisionará os trabalhos que o aluno vier a desenvolver, em coordenação com o orientador designado pela Universidade de Coimbra.*

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

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

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

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

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

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

*O aluno estará em contacto regular com o seu orientador. Outros requisitos poderão ser definidos pelo orientador em questão, dependendo do tipo, da fase e da dificuldade dos trabalhos.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Trabalho de investigação - 100.0%)*

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

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

**Evaluation:**

*- Assessment (Research work - 100.0%)*

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

*A tese é preparada pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objectivos do programa.*

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

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

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

*Artigos científicos e técnicos.*

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

*Scientific and technical papers.*

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

## Mapa X - Estrutura Electrónica e Modelação Computacional / Electronic Structure and Computational Modeling

### 6.2.1.1. Unidade curricular:

*Estrutura Electrónica e Modelação Computacional / Electronic Structure and Computational Modeling*

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

*José António de Carvalho Paixão - OT + T = 60.00*

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

*n/a*

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

*Objetivos:*

*Importância central:*

*Conhecimentos aprofundados de física (estrutura electrónica de átomos, moléculas e sólidos e familiaridade com as principais técnicas de cálculo ab-initio)*

*Compreensão teórica dos fenómenos físicos (incluindo a descrição quântica das propriedades da matéria)*

*Resolução de problemas específicos da área em questão, utilizando ferramentas computacionais*

*Importância secundária:*

*Capacidade para procurar, de forma guiada, bibliografia relevante.*

*Estar familiarizado com o "estado da arte" da teoria e métodos computacionais para o cálculo da estrutura electrónica*

*Competências:*

*Competência de análise, síntese e raciocínio crítico na resolução de problemas específicos. Capacidade de organização e planeamento das melhores estratégias aplicando ferramentas teóricas e computacionais de forma criativa; capacidade crítica de análise dos resultados.*

### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

*Specific skills:*

*The student should get an in-depth knowledge about the electronic structure of atoms, molecules and solids and become familiar with the most common techniques for ab-initio calculations - and be aware of the approximations involved in such calculations.*

*He/she should be able to solve specific problems involving electronic structure calculations using modern computational tools (such as GAMMESS and OCTOPUS codes)*

*Generic goals:*

*This student should be able to search, with guidance, for relevant bibliographic references and become familiar with the state of the art theoretical and computational techniques for electronic structure calculations.*

*Generic skills:*

*The student should develop analytical and problem solving skills, and critical reasoning while tackling specific problems. He/she should be able to organize and plan the best strategies and apply the most appropriate analytical or computational tools, in a creative way, to problems and analyse the results.*

### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

*Método das Orbitais Moleculares de Huckel.*

*LCAO.*

*Princípio da energia mínima, métodos variacionais.*

*Interpretação das orbitais moleculares.*

*Método de Hartree-Fock.*

*Troca.*

*Equações de Roothan.*

*A molécula de H<sub>2</sub>.*

**Teoria dos funcionais da densidade.**  
**Teorema de Hohenberg-Kohn.**  
**Equações de Kohn-Sham.**  
**Funcionais de troca e correlação.**  
**Solução das equações de Kohn-Sham.**  
**Estrutura electrónica de átomos; pseudopotenciais.**  
**Determinação da estrutura electrónica.**  
**Sólidos cristalinos, cálculos em espaço recíproco: método das ondas planas.**  
**Cálculos em espaço real: métodos de grelha.**  
**Método da ligação forte.**  
**Solução das equações de Kohn-Sham em bases de funções localizadas.**  
**APW, MTO e KKR.**  
**LAPW, LMTO.**

#### 6.2.1.5. Syllabus:

**Molecular orbitals. Huckel's molecular orbital method.**  
**Linear combination of atomic orbitals (LCAO).**  
**Minimum energy principle, variational methods.**  
**Interpretation of molecular orbitals.**  
**The Hartree-Fock method. Roothan equations.**  
**The H<sub>2</sub> molecule.**  
**Density functional theory.**  
**Kohn-Sham equations.**  
**Exchange and correlation functionals.**  
**Electronic structure of atoms. Pseudopotentials.**  
**Electronic structure calculations.**  
**Electronic structure of crystals, methods using reciprocal space calculations: plane wave methods.**  
**Calculations in real space: grid methods.**  
**The tight binding method.**  
**Solution of Kohn-Sham equations using a basis set of localised functions.**  
**APW, MTO and KKR methods.**  
**LAPW and LMTO methods.**

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

*O programa contém os tópicos principais de um curso introdutório sobre de cálculo da estrutura electrónica, com um bom equilíbrio de teoria básica e métodos mais avançados, "estado da arte", como os baseados na Teoria dos Funcionais da Densidade. Desta forma, vai ao encontro dos objetivos da unidade curricular, providenciando aos alunos uma sólida formação teórica e, simultaneamente, as capacidades de manipulação das ferramentas computacionais modernas para o estudo das propriedades electrónicas da matéria.*

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

*The syllabus presents the major topics typical of an introductory course on electronic structure calculation, and an adequate balance of basic theory and novel state of the art methods, such as those based on Density Functional Theory. As such, it fully addresses the stated goal of providing the students with solid theoretical and computational skills on modern, state of the art techniques, for studying electronic properties of matter.*

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

*Nas aulas teóricas será exposta a matéria, ilustrando sempre que possível as matérias do programa com exemplos práticos. Algumas das demonstrações matemáticas não serão feitas na aula mas serão deixadas para estudo autónomo em casa, pelos alunos, seguindo a bibliografia recomendada. Estes pequenos "problemas teóricos" são contabilizados na avaliação, tal como os problemas computacionais.*

*As aulas práticas serão totalmente dedicadas à resolução de problemas específicos utilizando modernas ferramentas computacionais para o cálculo da estrutura electrónica de átomos, moléculas e sólidos.*

#### **Avaliação:**

**- Avaliação (Resolução de problemas - 50.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 50.0%)**

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

*During the lectures, the main theory topics will be presented to the student, that will be illustrated, whenever possible, with practical examples. A few mathematical demonstration will not be made during the lectures but will be left for the student to complete at home, following recommended bibliography. These small "theory problems" will count for the student evaluation, in addition to the assigned computational problems.*

**Evaluation:**

- **Assessment (Laboratory work or Field work - 50.0%, Resolution Problems - 50.0%)**

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

*As metodologias de ensino combinam ensino expositivo com uma forte componente de trabalho individual do aluno, que resolverá pequenos problemas teóricos e um conjunto de problemas práticos recorrendo a modernos métodos computacionais para o cálculo da estrutura electrónica de átomos, moléculas e sólidos. Esta metodologia, fortemente centrada no aluno, e no desenvolvimento das suas capacidades de resolução de problemas específicos e promovendo a sua familiarização com as modernas ferramentas computacionais para o estudo das propriedades da matéria vai de encontro aos objetivos preconizados para a unidade curricular.*

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

*The teaching methodologies combine lectures with a major component of individual work of the student, that will be assigned small sets of "theory problems" and "practical problems" to solve using modern computational methods available for ab-initio calculation of the electronic structure of atoms, molecules and solids. This methodology, strongly student-centred, and aiming at developing the capacities for problem-solving of specific "real-world" problems and familiarity with modern computational tools for studying the properties of matter, address the learning outcomes stated above.*

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

*Modern Quantum Chemistry, Introduction to advanced electronic structure theory, A. Szabo & N.S. Ostlund, 1996, Dover ISBN: 0486691861*

*Electronic Structure, Basic Theory and Practical Methods, R.M. Martin, Cambridge University Press, 2004 ISBN: 0521534402*

*C. Fiolhais et al. (eds.), A Primer in Density Functional Theory, Springer, 2003 ISBN: 978-3-540-37072-7.*

**Mapa X - Física das Altas Energias / High Energy Physics**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Física das Altas Energias / High Energy Physics*

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

*Filipe Manuel Almeida Veloso - OT + T = 60.00*

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

*n/a*

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

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

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

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

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

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

*Simetrias P, C e T.*

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

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

*Diagramas de Feynman.*

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

*Diagramas de ordem superior. Renormalização.*

*Dispersão de Mott. Factor de forma do protão. Funções de estrutura. Quarks e glúons.*

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

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

*Violação de CP e T. Teorema de CPT.*

*Análise e simulação em FAE.*

**6.2.1.5. Syllabus:**

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

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

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

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

*Moller, Bhabha and Compton scatterings.*

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

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

*Mesons and baryons.*

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

*CP and T violations. CPT theorem.*

*Analysis and simulation in FAE.*

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

*Os conteúdos da unidade curricular foram selecionados por forma a proporcionar aos alunos os conhecimentos, as aptidões e competências acima especificados. A ênfase está colocada em proporcionar uma visão atualizada e acessível do modelo padrão, não descurando os aspetos fundadores do modelo quer do ponto de vista teórico quer experimental. A inclusão nos conteúdos de alguns temas com clara relevância experimental (cálculo de secções eficazes, análise e simulação em Física das Altas Energias) vai precisamente de encontro a este objetivo.*

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

*The contents of this curricular unit were selected with the aim to provide the students with the learning outcomes above detailed. The emphasis is put on delivering a clear and accessible vision of the standard model, not only from the theoretical point of view but also on the experimental basis that sustains it. Thus, the inclusion of topics with clear experimental relevance (e.g. calculation of scattering cross-sections, data analysis and simulation in High Energy Physics) serve this objective of the syllabus..*

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

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

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

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

*Avaliação:*

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

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

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

- *Problem solving classes with typical examples of the subjects under study;*
- *Development of projects with broader scope and greater depth than the typical examples and problems.*

**Evaluation:**

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

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

*As metodologias de ensino desta unidade curricular baseiam-se num misto de aulas expositivas com aulas de resolução de problemas, incluindo a utilização de recursos computacionais, nomeadamente ferramentas de simulação. Estas metodologias estão de acordo com os objetivos da unidade curricular, nomeadamente no desenvolvimento de competências de análise e resolução de problemas, e na familiarização com os aspetos não apenas teóricos, mas também experimentais de Física das Altas Energias. Para o efeito utilizam-se, sempre que possível, problemas concretos correspondentes a marcos importante da Física das Altas Energias, explorando dados reais provenientes das experiências internacionais realizadas em grandes aceleradores de partículas tais como o CERN.*

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

*The teaching methodologies of this curricular unit are based in a mix of lectures and problem solving classes, including in these the use of computational resources, namely simulation tools. These methodologies match the specified learning outcomes, eg. in the development of analytical and problem solving skills, and the familiarisation of the students with not only the theoretical subjects but also the experimental topics of High Energy Physics. For this purpose, the students analyse, whenever possible, problems corresponding to important landmarks and discoveries in High Energy Physics, and real data from experiments of large international collaborations performed in particle accelerators such as those of CERN.*

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

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

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

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Instrumentação para Física da Radiação / Instrumentation for Radiation Physics*

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

*Joaquim Marques Ferreira dos Santos - PL + T = 60.00*

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

*Compreensão teórica dos fenómenos físicos envolvidos nos detectores de radiação.*

*Conhecimento dos vários tipos de detectores, dos seus modos de funcionamento, vantagens comparativas e limitações.*

*Conhecimento das principais aplicações dos detectores em física experimental e noutras áreas, como a medicina.*

**Capacidade de aprendizagem autónoma:**

*Capacidade de utilização de conhecimentos prévios (electrónica, física nuclear) em novas situações.*

*Capacidade para resolver problemas e aplicar os conhecimentos na prática.*

*Capacidade para procurar e utilizar bibliografia.*

*Em particular, trata-se aqui de tornar os estudantes capazes de:*

- *Compreender os processos físicos subjacentes à espectrometria e à dosimetria;*

- *Participar no desenvolvimento ou na aplicação de detectores de radiação;*
- *Analisar criticamente os novos avanços nas tecnologias de detecção de radiação.*

#### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

*Theoretical understanding of physical phenomena involved in the detection of radiation.  
Knowledge of the various types of detectors, their working modes and comparative advantages and limitations.  
Knowledge of the main uses of radiation detectors in experimental physics and other areas, such as medicine.*

*Ability to study with autonomy.*

*Capacity to apply previous knowledge (electronics, nuclear physics) in new situations.*

*Ability to solve problems and apply knowledge in practice. Ability to search for and use references.*

*In particular, students should learn how to:*

- *Understand the physical processes underlying spectrometry and dosimetry;*
- *Participate in the development or implementation of radiation detectors;*
- *Critically analyze the new advances in radiation detection technologies.*

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

*1-Interacção da radiação com a matéria; dosimetria.*

*2-Formação de sinal nos detectores: teoremas relevantes; tratamento electrónico desses sinais - formatação, electrónica de front-end e digitalização.*

*3-Detectores de luz: fotomultiplicadores e fotodíodos.*

*4-A detecção de radiação não ionizante: exemplo da Ressonância Magnética Nuclear - princípio de funcionamento (equações de Bloch) e aplicações (espectroscopia e imagiologia).*

*5-Detectores de radiação ionizante - princípios de funcionamento, características e aplicações:*

- *detectores gasosos (câmara de ionização, contador proporcional e MWPC, detectores de microestrutura; novos desenhos; detectores usando cintilação primária e secundária);*
- *cintiladores (orgânicos e inorgânicos; novos cristais cintiladores);*
- *detectores de semiconductor (do diodo às matrizes; CCDs; APDs).*

*6-Detectores de neutrões.*

*7-Integração dos detectores de radiação em sistemas utilizados em:*

- *Física de Partículas*
- *Imagiologia médica.*

#### 6.2.1.5. Syllabus:

*1-Interaction of radiation with matter; dosimetry.*

*2-The build-up of signals in radiation detectors: relevant theorems; electronic treatment of these signals: shaping, front-end electronics and digitalisation.*

*3-Light detectors; photomultipliers and photodiodes.*

*4-Detection of non-ionising radiation: NMR as an example - principles (Bloch equations) and applications (spectroscopy and imaging).*

*5-Detectors of ionising radiation - principles, characteristics and applications:*

- *gas detectors (ionisation chamber; proportional counter and MWPC, microstructure detectors; new designs: detectors using primary and secondary radiation);*
- *scintillators (organic and inorganic; new scintillation crystals);*
- *semiconductor detectors (from diode to matrices; CCDS, APDs).*

*6-Neutron detectors.*

*7-Integration of radiation detectors in systems used in:*

- *Particle Physics*
- *Medical Imaging*

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

*O programa dá uma visão global e atualizada da instrumentação utilizada em física da radiação, com aplicações em física experimental mas também noutras áreas como a medicina, cumprindo assim os objetivos principais da unidade curricular. No trabalho laboratorial os estudantes desenvolverão os outros objetivos.*

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

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

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

*Dois aulas teóricas expositivas por semana. Aulas laboratoriais com duas horas presenciais e autonomia de*

**horários. Os trabalhos laboratoriais abordam processos físicos (física atómica, nuclear, radiação cósmica e física médica) com diversos tipos de detectores.- Trabalho experimental, envolvendo preparação e execução das medidas, análise dos dados recolhidos, apresentação dos resultados e conclusões; - Trabalho de síntese: estudo dum sistema de detecção para Física de Partículas ou para Medicina, a realizar por aluno sob orientação do professor; envolve aspectos quantitativos.**

**Avaliação:**

- Avaliação 1 (Frequência - 30.0%, Trabalho de síntese - 30.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)
- Avaliação 2 (Exame - 30.0%, Trabalho de síntese - 30.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)

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

*Two Lectures per week. Laboratory classes with two hours of classroom. The experimental works address the physical measurements (atomic physics, nuclear, cosmic radiation and medical physics) using several types of detectors. Rating based on: - Experimental work involving the preparation and implementation of measures, analysis of data collected and presentation of results and conclusions; - Job summary: study of a detection system for Particle Physics or Medicine to be held by each student under the guidance of the teacher, involving quantitative aspects.*

**Evaluation:**

- Assessment 1 (Frequency - 30.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%, Synthesis work - 30.0%)
- Assessment 2 (Exam - 30.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%, Synthesis work - 30.0%)

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

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

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

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

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

*G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 3rd edition, John Wiley and Sons, 2000 K. Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley and Sons, 1987*

**Mapa X - Interação da Radiação com a Matéria / Interaction of Radiation with Matter**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Interação da Radiação com a Matéria / Interaction of Radiation with Matter*

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

*Rui Ferreira Marques - OT + PL + T = 45.00*

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

*Alexandre Miguel Ferreira Lindote - OT + PL + T = 45.00*

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

**Objetivos:**

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

**Objetivos secundários:**

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

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Main learning outcomes:**Deep knowledge of the processes of interaction of radiation with matter. Detailed knowledge of the different types of radiation detectors and their operation.**Other learning outcomes:**Development of simulation and modelling skills, using generic software as well as development of small specific programs**Development of analytical and synthesis reasoning skills, problem-solving and critical analysis of data and results.**Development of learning autonomy, creativity and laboratory skills.***6.2.1.5. Conteúdos programáticos:***Interação de partículas carregadas com a matéria.**Dispersão de partículas por i) electrões ii) núcleos atómicos.**A equação de  $dE/dx$  na aproximação de Bohr.**Equação de Bethe-Block.* *$dE/dx$  para materiais compostos. Alcance de uma partícula. Curva de Bragg.**Flutuações estatísticas na perda de energia. Straggling. Deposição de energia em espessuras finas. Distribuição de Landau.* *$dE/dx$  para electrões e positrões.**Dispersão múltipla de partículas. Distribuição de Molière. Produção de raios delta.**Interação da fotões com a matéria.**Efeito fotoeléctrico. Cálculo da secção eficaz.**Efeito de Compton. Secção eficaz de Klein-Nishina. Bordo de Compton.**Secções eficazes de bremsstrahlung e produção de pares.**Interação de neutrões com a matéria.**Detectores gasosos.**Detectores de semiconductor.**Detectores líquidos, orgânicos, inorgânicos e criogénicos.**Formação dos sinais em detectores de radiação. Resolução em energia e em posição.**Detectores de neutrões.**Simulação de um detector de radiação.***6.2.1.5. Syllabus:***Interaction of charged particles with matter.**Scattering of particles by i) electrons ii) atomic nuclei* *$dE/dx$  equation in the Bohr approximation.**Bether-Bloch equation.* *$dE/dx$  for composite materials. Particle range. Bragg curve.**Statistical fluctuations in energy loss. Straggling. Deposition of energy in thin layers. Landau distribution.* *$dE/dx$  for electrons and positrons.**Multiple scattering of particles. Molière distribution. Production of delta rays.**Interaction of photons with matter.**Photoelectric effect. Calculation of cross-section.**Compton effect. Klein-Nishina cross-section. Compton edge.**Cross-section for bremsstrahlung and pair production.**Interaction of neutrons with matter.**Gaseous detectors.**Semiconductor detectors.**Liquid, organic, inorganic and cryogenic detectors.**Signal formation in radiation detectors. Energy and position resolution.**Neutron detectors.**Simulation of a radiation detector.***6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.***Os conteúdos programáticos cobrem aqueles que se consideram ser os conhecimentos e capacidades essenciais para um bom domínio da disciplina, de acordo com a literatura de referência disponível, a experiência de ensino dos docentes da Faculdade de Ciência e Tecnologia e por comparação com a prática das escolas de referência acima referidas.***6.2.1.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.***The syllabus addresses the knowledge and skills considered to be essential for a good understanding of the course, according to the reference literature available on the subject, the teaching expertise of the teachers of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and compared to the standards of the reference*

*school referred above.*

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

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

**Avaliação:**

*- Avaliação (Frequência - 40.0%, Mini Testes - 20.0%, Resolução de problemas - 20.0%, Trabalho de síntese - 20.0%)*

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

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

**Evaluation:**

*- Assessment (Frequency - 40.0%, Mini Tests - 20.0%, Resolution Problems - 20.0%, Synthesis work - 20.0%)*

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

*As metodologias de ensino adoptadas permitem dotar o aluno com os conhecimentos teóricos e as capacidades relevantes, sendo semelhantes àquelas que são usadas em unidades curriculares do mesmo tipo nas escolas de referência. No trabalho laboratorial os alunos terão oportunidade de desenvolver os objetivos de trabalho autónomo, criatividade e as competências de índole laboratorial preconizadas.*

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

*The teaching methods adopted are suited to provide the student with the theoretical knowledge and relevant skills, and are similar to those that are used in the same type of courses in reference schools. During laboratory work the student will train the practical skills including autonomy and creativity.*

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

*“Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: a how to approach”, W. Leo, Springer, 1994.*

*“Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection”, Claude Leroy and Pier-Giorgio Rancoita, World Scientific, 2004.*

*Complementary bibliography*

*High Energy Astrophysics: volume 1, Malcolm S. Longair, Cambridge Press, 2004*

**Mapa X - Matéria Mole e Materiais de Baixa Dimensão / Soft Matter and Low Dimensional Materials**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Matéria Mole e Materiais de Baixa Dimensão / Soft Matter and Low Dimensional Materials*

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

*n/a*

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

**Importância central:**

**Conhecimentos aprofundados de física (física da matéria mole e materiais de baixa dimensão)**  
**Compreensão teórica dos fenómenos físicos (incluindo os modelos estatísticos utilizados na interpretação das propriedades dos materiais supracitados e suas transições de fase)**  
**Modelação e resolução de problemas específicos da área em questão**

**Importância secundária:**

**Capacidade de actualização**

**Capacidade para procurar e utilizar bibliografia**

**Estar familiarizado com as fronteiras de investigação**

**Competências:**

- . **Competência em análise e síntese;**
- . **Conhecimentos de informática relativos ao âmbito do estudo;**
- . **Competência para resolver problemas;**
- . **Competência em raciocínio crítico;**
- . **Competência em aprendizagem autónoma;**
- . **Competência em comunicação oral e escrita;**
- . **Criatividade;**
- . **Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;**
- . **Competência em autocritica e auto-avaliação;**
- . **Competência em investigar.**

#### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

**Main Goals:**

**a thorough knowledge of Physics (Physics of soft matter and materials of low dimension) theoretical understanding of physical phenomena (including the statistical models used in the interpretation of the abovementioned materials properties and its phase transitions) modelling and solving problems specific to the area.**

**Also:**

**ability to stay current; Ability to search and use the bibliography; to be familiar with the frontiers of research**

**Skills:**

**Competence in analysis and synthesis;. Computer skills related to the scope of the study;. Competence to solve problems;. Competence in critical reasoning;. Autonomous learning competence;. Competence in oral and written communications;. Creativity;. Competence in applying in practice the theoretical knowledge;. Competency in self-criticism and self-evaluation; Ability to do perform research projects.**

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

**Matéria mole: Forças, energia e escalas de tempo. Forças intermoleculares. Condensação e solidificação.**

**Comportamento viscoso, elástico e viscoelástico.**

**Líquidos e vidros. Transição vítrea.**

**Transições de fase. Classificação.**

**Misturas de líquidos. Energia livre, diagramas de fases, interfaces. Cinética da separação de fases.**

**Transição líquido-sólido. Solidificação e fusão. Nucleação.**

**Dispersões coloidais.**

**Partícula coloidal num líquido. Lei de Stokes, movimento browniano e difusão. Equação de Einstein. Forças entre partículas coloidais.**

**Materiais poliméricos.**

**Borrachas e comportamento viscoelástico.**

**Géis. Percolação. Teoria da gelação - modelo de Flory-Stockmayer.**

**Cristais líquidos. Transição nemática-isotópica. Defeitos. Propriedades eléctricas e magnéticas.**

**Transição de Frederiks. Ecrãs de cristais líquidos.**

**Polímeros de cristal líquido termotrópicos e liotrópicos.**

**Auto-organização supramolecular. Micelas, vesículas e membranas.**

**Materiais de baixa dimensão. Magnetismo molecular.**

#### 6.2.1.5. Syllabus:

**Soft matter: forces, energy and time-scales. Intermolecular forces. Condensation and solidification.**

**Viscous, elastic and viscoelastic behaviour.**

**Liquids and glasses. Glass transition.**

**Phase transitions in soft matter. Classification.**

**Liquid mixtures. Free energy, phase diagrams, interfaces. Kinetics of phase separation.**

**Liquid-solid transition. Solidification and fusion. Nucleation.**

**Coloidal dispersions.**

**Coloidal particle in a liquid. Stokes law, brownian motion and diffusion.**

**Einstein equation. Forces between colloidal particles.**

**Polymeric materials.**

**Rubbers and viscoelastic behaviour.**

**Gels. Percolation model. Gelation theory. Flory-Stockmayer model. Liquid crystals. Nematic-isotropic transition.**

**Defects. Electric and magnetic properties. Frederiks transition. liquid crystal displays.**

**Thermotropic and lyotropic liquid crystal polymers.**

**Supramolecular self-organisation. Micelles, vesicles and membranes.**

**Low-dimensional materials. Molecular and low dimensional magnetism.**

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

*O programa apresenta um visão moderna da física da matéria mole e dos materiais de baixa dimensão, dos problemas de investigação e das técnicas experimentais mais usadas nesta investigação. Os temas são abordados a um nível compatível com os conhecimentos prévios dos alunos, procurando integrar esses conhecimentos prévios (de física estatística, física atômica e molecular, etc.) nos novos assuntos. O programa pretende despertar o interesse dos alunos por estes assuntos, não descurando a ilustração dos temas com aplicações tecnológicas dos materiais em estudo, indo assim ao encontro dos objetivos de aprendizagem preconizados para esta unidade curricular.*

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

*The syllabus presents a modern overview of soft matter physics and low dimensional materials, of its current research problems and most common experimental techniques in use. The topics are addressed at a level compatible with the previous knowledge of the students, and an effort is made to integrate previous knowledge (statistical physics, atomic and molecular physics, etc.) into the new topics. The syllabus aims at motivating the students for these new subjects, giving in the lectures many examples of technological applications of the materials under study, thus addressing the learning outcomes above stated for this unit.*

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

*Aulas expositivas. Aulas de laboratório e projecto.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Projecto - 100.0%)*

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

*Lectures. Laboratory work and project.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Project - 100.0%)*

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

*As metodologias de ensino combinam aulas teóricas com uma forte componente laboratorial, incluindo o desenvolvimento de um pequeno projeto individual de investigação por cada aluno, promovendo assim a autonomia do aluno, as suas competências laboratoriais, de planeamento de experiências e de análise crítica de resultados.*

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

*The teaching methodologies combine lectures with a strong laboratory component, including the development of a small individual research project by each student, thus promoting the laboratory skills, including those involved in to planning ahead an experiment and the critical analysis of its results.*

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

*Soft Condensed Matter, R.A.L. Jones, Oxford Master Series in Condensed Matter Physics, 2002 ISBN: 0198505892*

*Liquid crystals: nature's delicate phase of matter, P.J. Coolings, Princeton University Press, 2002, ISBN: 9780691086729*

*Soft Matter Physics, M. Doi, Oxford University Press, ISBN: 0199652953*

*Low dimensional solids, Bruce, O'Hare, Walton, Wiley, 2010, ISBN: 978-0-470-99751-2*

*Properties of Interacting Low-Dimensional Systems, G. Gumbs, D. Huang, Wiley, 2011, ISBN: 978-3-527-40894-8.*

**6.2.1.1. Unidade curricular:***Mecânica Quântica Relativista / Relativistic Quantum Mechanics***6.2.1.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Pedro Almeida Vieira Alberto - OT + T = 60.00***6.2.1.3. Outros docentes e respetiva carga letiva na unidade curricular:***n/a***6.2.1.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Objetivos:**Reconhecer a importância da covariância de Lorentz.**Conhecer e saber aplicar as equações relativistas que descrevem o comportamento de partículas elementares de spin 0 e 1/2 e as principais consequências de estender o princípio da Relatividade à Física Quântica.**Competências genéricas:**Competência em análise e síntese;**. Competência para resolver problemas;**. Competência em raciocínio crítico;**. Competência em aprendizagem autónoma;**. Competência em investigar;**. Adaptabilidade a novas situações;**. Criatividade.***6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Objectives:**Recognize the importance of Lorentz covariance.**Know and be able to apply the relativistic equations that describe the behaviour of elementary particles of spin 0 and spin 1/2 and the main consequences of extending the Principle of Relativity to quantum physics.**Competences:**Develop analysis and synthesis abilities;**Problem solving;**Critical reasoning;**Capacity for autonomous learning;**Research abilities.**Adaptability to new situations;**Creativity.***6.2.1.5. Conteúdos programáticos:***Relatividade restrita e a covariância de Lorentz.**Formalismo relativista para o campo electromagnético.**Formalismo Lagrangiano aplicado a campos clássicos relativistas.**Leis de conservação associadas às simetrias da densidade Lagrangiana..**A equação de Klein-Gordon. Soluções de partícula livre e corrente conservada.**A equação de Dirac. Estrutura spinorial, caracterização das soluções de partícula livre.**Grupo de Lorentz e seus geradores no espaço dos spinors.**Teoria dos buracos e simetrias C P e T da equação de Dirac**. Aplicações a sistemas de spin 0 e spin 1/2, incluindo potenciais centrais.**Propagadores.***6.2.1.5. Syllabus:***Special relativity and Lorentz covariance**Relativistic formalism of the electromagnetic field.**Lagrangian formulation of relativistic classical fields.**Lagrangian symmetries and conservation laws.**Klein-Gordon equation. Free particle solutions and conserved current.**Dirac equation. Spinor structure, properties of the free particle solutions.**Lorentz group and its generators in spinor space.*

**Hole theory and C, P and T symmetries of the Dirac equation.**

**Applications to spin 0 and spin 1/2 relativistic quantum systems, including central potentials**

**Propagators.**

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

*O programa põe especial ênfase na aprendizagem e aplicação dos conceitos fundamentais da relatividade restrita, em particular na covariância das equações de movimento em vários sistemas físicos. Mostra-se depois, de uma forma extensiva, quais são as consequências de aplicar esses conceitos às equações quânticas para partículas escalares e com spin 1/2, ou seja a equação de Klein-Gordon e a equação de Dirac.*

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

*The syllabus emphasizes the learning and application of the fundamental concepts of special relativity, namely the covariance of the equations of motion in several physics systems. In particular, the consequences of applying those concepts to the quantum equations of scalar and spin 1/2 particles, i.e, the Klein-Gordon and Dirac equations, are fully explored and the relevant conclusions drawn.*

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

*Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações relativistas apresentadas. É dada ênfase à aprendizagem das técnicas matemáticas necessárias para a obtenção de propriedades e relações para as várias quantidades associadas às equações e suas soluções da Mecânica Quântica Relativista. Os alunos são também interrogados, quando apropriado, no sentido de eles próprios tirarem conclusões relativamente ao conceitos expostos ou às expressões matemáticas obtidas.*

**Avaliação:**

**- Avaliação (Exame - 50.0%, Resolução de problemas - 50.0%)**

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

*Teaching is based on the expositive method with constant references to physics systems to which the concepts learned are applied to. There is also a particular emphasis on learning the mathematical techniques needed to derive the properties and relationships between the several quantities associated to the equations and their solutions of Relativistic Quantum Mechanics. When appropriate, students are also interrogated regarding concepts exposed or the derivation of mathematical relations, such that they can reach the correct conclusions by themselves.*

**Evaluation:**

**- Assessment (Exam - 50.0%, Resolution Problems - 50.0%)**

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

*Quer os conteúdos da exposição, enfatizando os temas mais relevantes e na aplicação dos conceitos abstractos, quer a insistência no domínio das técnicas matemáticas necessárias à compreensão e dedução das várias expressões e relações matemáticas que vão aparecendo durante o curso, fazem com que os alunos possam apreender melhor e saber aplicar os vários conceitos relacionados com a aplicação da Relatividade Restrita à Mecânica Quântica.*

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

*Both the contents of the exposition, emphasizing the more relevant subjects and application of the concepts, and the insistence on acquiring the mathematical techniques needed for understanding and deriving the several mathematical expressions and relations which appear along the course, contribute to a better understanding and application of the several concepts related to the application of Special Relativity to Quantum Mechanics.*

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

**J. D. Bjorken e S. D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics, McGraw-Hill, 1964**

**W. Greiner, Relativistic Quantum Mechanics, Springer-Verlag 1994**

**I. J. R. Aitchison, Relativistic Quantum Mechanics,**

**I.J.R. Aitchison and A.J.H. Hey, Gauge Theories in Particle Physics: From Relativistic Quantum Mechanics to QED (vol 1), IOP, 2002.**

**Mapa X - Métodos Experimentais na Matéria Condensada / Experimental Methods in Condensed Matter Physics****6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Métodos Experimentais na Matéria Condensada / Experimental Methods in Condensed Matter Physics*

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

*Manuela Ramos Marques da Silva - PL + T = 60.00*

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

*n/a*

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

*Esta unidade curricular visa a aprendizagem de um conjunto de técnicas experimentais frequentemente utilizadas para o estudo da Matéria Condensada e o desenvolvimento de competências instrumentais nesta área, incluindo os métodos de preparação de amostras e as técnicas laboratoriais analíticas mais comuns na investigação experimental nesta área (caraterização das propriedades estruturais, eléctricas, ópticas, e magnéticas de materiais). Estas competências serão aprendidas em contexto de laboratório de investigação.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

*This curricular unit aims at providing the students with a number of technical skills for the characterisation of materials, including those related to sample preparation and the most common analytical techniques in Condensed Matter Physics reserch (materials characterisation with regard to structure, microstructure, electric, optical and magnetic properties). Learning of such skills will take place in the context of research laboratories.*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*Técnicas de análise estrutural: dispersão de Raios-X, electrões, e neutrões em materiais mono e policristalinos. Dispersão a pequenos ângulos (SAXS). Análise de microestrutura, texturas e tensões residuais. Técnicas espectroscópicas: espectroscopia no visível, ultravioleta e infravermelho, dispersão inelástica de Raman. Técnicas nucleares: espectroscopia Mossbauer e de muões. Ressonância magnética nuclear. Técnicas termométricas: DSC, DTA e DTG. Métodos de medição de calor específico. Técnicas de análise elementar e vestigial: espectroscopia de fluorescência de RX (XRF), espectroscopia de massa e EDS. Técnicas de imagem: microscopia electrónica (SEM e TEM), microscopia de força atómica e de efeito de túnel (AFM/STM). Técnicas de caracterização eléctrica e magnética (resistência DC e AC, magnetoresistência, efeito de Hall, magnetometria.*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*Techniques for structural analysis: X-ray diffraction (XRD), electron and neutron diffraction by single crystals and polycrystalline materials. Small-angle scattering (SAXS). Analysis of microstructure, textures and residual stresses. Spectroscopic techniques: VIS/UV, IR and Raman spectroscopies. Nuclear methods: Mossbauer and muon spectroscopies. Nuclear magnetic resonance (NMR). Thermometric methods: DSC, DTA and DTG. Measurement of specific heat. Techniques for elementar and trace analysis: Xray fluorecence spectroscopy (XRF), mass spectroscopy and EDS. Imaging techniques: electron microscopy (SEM, TEM), atomic force and scanning tunnel microscopies (AFM/STM). Characterisation of electric transport properties and magnetism: DC and AC resistivity, magnetoresistance, Hall effect, magnetometry.*

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

*Os tópicos do programa cobrem as técnicas analíticas mais importantes para a caracterização de materiais, no que diz respeito à estrutura, propriedades eléctricas, ópticas e magnéticas. A abordagem é eminentemente prática, com aprendizagem em contexto de laboratórios de investigação, desta forma concretizando os objetivos da unidade curricular.*

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

*The syllabus covers the main analytical techniques used for the characterisation of materials, with respect to structural, electrical, optical and magnetic properties. These are addressed mainly from a practical approach, thus fulfilling the learning outcomes of the curricular unit.*

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

*Os tópicos serão apresentados sob a forma de seminários sobre as várias técnicas analíticas. A aprendizagem é*

*feita, sobretudo, em contexto de laboratório, onde os estudantes terão de realizar um conjunto de trabalhos práticos. A maior parte do trabalho será realizado no laboratório TAIL- UC (Trace Analysis and Imaging Laboratory of the University of Coimbra), localizado no Departamento de Física, onde a maioria das técnicas analíticas estão disponíveis, bem como em outros laboratórios de investigação dos departamentos de Física e de Química da UC.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Trabalho laboratorial ou de campo - 100.0%)*

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

*The different topics will be presented in seminars covering the variety of analytical techniques. Learning will take place mostly in the laboratory, where the students will perform a set of practical work assignments. Most of the work will take place at TAIL - UC (Trace Analysis and Imaging Laboratory of the University of Coimbra), hosted at the Physics department, where most of the analytical techniques are available and at other laboratories of the UC Physics and Chemistry departments.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Laboratory work or Field work - 100.0%)*

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

*As metodologias de ensino preconizadas, onde a prática realizada em laboratório de investigação é a componente essencial, visam promover os objetivos de aprendizagem tal como preconizados.*

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

*The proposed teaching methodologies, where practical work at research laboratories is the central component, aim at providing the students with the learning outcomes stated above.*

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

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

*Modern electronic instrumentation and measurement techniques, Albert D. Helfrick, William D. Cooper, ISBN: 0135932947*

*Practical guide to ICP-MS: a tutorial for beginners, Robert Thomas, ISBN: 1466555432*

*Infrared Spectroscopy, fundamentals and applications, Barbara Stuart, ISBN 9780470854280*

*X-ray fluorescence spectroscopy and related techniques; an introduction, Eva Margui, Rene Van Grieken, ISBN: 9781606503911*

*Introduction to X-ray powder diffractometry, Ron Jenkins, Robert Snyder, ISBN: 0471513393*

*Atomic force microscopy, Peter Eaton, Paul West, ISBN: 9780199570454*

*The handbook of cryogenic engineering, J.G. Weisend, ISBN: 1560323329*

*Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis, Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, David C. Joy and Charles E. Lyman, ISBN-10: 0306472929.*

### Mapa X - Modelos Nucleares e Hadrónicos / Nuclear and Hadronic Models

#### 6.2.1.1. Unidade curricular:

*Modelos Nucleares e Hadrónicos / Nuclear and Hadronic Models*

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

*Brigitte Anabelle Vaz Abreu Hiller - OT + T = 60.00*

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

**Conhecer os modelos nucleares e hadrónicos mais utilizados presentemente e suas aplicações.**  
**Conhecer as condições de validade e as limitações desses modelos e a forma como poderão ser generalizados para que aumente o seu poder de descrição e de previsão.**  
**Conhecer as técnicas matemáticas necessárias para o estudo e aplicação destes modelos.**

**Competências:**

- . **Competência em análise, síntese e raciocínio crítico;**
- . **Competência para resolver problemas, incluindo a selecção e análise de dados relevantes para esses problemas;**
- . **Competência em aprendizagem autónoma, organização e planificação;**
- . **Creatividade e adaptabilidade a novas situações.**

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

**Main learning outcomes:**

**Recognising the most common nuclear and hadronic models that are currently used to explain the properties of nuclei and their applications.**

**Being able to identify the conditions and limits of validity of these models and how they can be generalised in such a way to enlarge their scope, descriptive power and prediction capabilities.**

**Solid knowledge of the basic mathematical tools needed in the study and application of these models.**

**Other learning outcomes:**

**Skills in analysis, synthesis and critical reasoning**

**Problem solving skills, including selection and analysis of relevant data**

**Development of autonomy in the study, including planning and organisation of tasks;**

**Development of creativity skills and capability to adapt to new problems and situations.**

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

**Modelos nucleares:**

**Modelo em camadas: descrição de núcleos esféricos e de núcleos deformados**

**Excitações colectivas nucleares: ressonâncias gigantes e estados rotacionais**

**Modelos efectivos: a interacção de Skyrme**

**Modelos relativistas de campo médio e suas generalizações;**

**Modelos hadrónicos:**

**Os constituintes do nucleão**

**O modelo de saco do MIT**

**Simetria quiral e o modelo sigma linear.**

**6.2.1.5. Syllabus:**

**Nuclear models.**

**Shell models: description of spherical and deformed nuclei.**

**Collective excitations: giant resonances and rotational levels.**

**Effective models: the Skyrme interaction.**

**Mean field relativistic models and their generalisations.**

**Hadronic models.**

**The constituents of the hadrons. The MIT bag model.**

**Chiral symmetry and linear sigma model.**

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

**Os conteúdos do programa vão ao encontro dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular, dando uma visão a nível adequado a um curso de mestrado dos modelos nucleares e hadrónicos mais usados e importantes.**

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

**The syllabus covers topics that fit the learning objectives of this curricular unit, providing an overview at the level of a Master's course of the most important and commonly used nuclear and hadronic models.**

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

**Aulas expositivas e aulas tutoriais onde são discutidos os problemas resolvidos em casa pelos alunos.**

**Avaliação:**

**- Avaliação (Exame - 50.0%, Resolução de problemas - 50.0%)**

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

**Lectures on the blackboard and tutorials where the students discuss with the lecturer the problems that they solve**

*at home.*

**Evaluation:**

**- Assessment (Exam - 50.0%, Resolution Problems - 50.0%)**

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

*As metodologias de ensino, que são típicas para o ensino destas matérias, dão uma forte ênfase ao trabalho individual do aluno, que deverá resolver conjuntos de problemas que enquadram e ajudam a melhor perceber a matéria teórica. Esta metodologia pretende desenvolver a autonomia, sentido crítico e capacidade de análise de problemas e de dados preconizadas nos objetivos da unidade curricular.*

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

*The teaching methodologies, that are typical for teaching these subjects, put a strong emphasis in the individual work of the student, that shall solve individually, at home, sets of problems that illustrate and help to better understand the topics presented in the lectures. Thus, this methodology help to promote in the students their autonomy, critical sense, and problem solving and data analysis skills that are stated above.*

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

*Gauge theories in particle physics, Vol.I, Relativistic Quantum Mechanics to QED. I.J. R. Aitchison and A.J. G. Hey.*

*Gordon Kane:Modern elementary particle physics*

*Concepts of Particle Physics, vol. 1, K. Gottfried, V.F. Weisskopf*

*Quarks and Leptons, Halzen and Martin*

*Dynamics of the Standard Model, J. Donoghue, E. Golowich, B. Holstein*

*Mayer-Kuckuk, Física dos Núcleos Atômicos*

*Many-body physics: P. Ring and P. Schuck.*

*B. Povh, K. Rith, C. Scholz e F. Zetsche, Particles and Nuclei, Springer, 1995*

*K. S. Krane, Introductory Nuclear Physics, J. Wiley, 1988.*

*R. K. Bhaduri, Models of the nucleon, Addison-Wesley, 1988.*

*D. Serot e J. D. Walecka, The relativistic nuclear Many-body, Advances in Physics 16, Plenum, 1986.*

**Mapa X - Óptica Quântica / Quantum Optics**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Óptica Quântica / Quantum Optics*

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

*Andrey Morozov - PL + T = 60.00*

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

*Conhecimentos aprofundados de física (óptica quântica e suas aplicações tecnológicas, com relevância para os LASERS e outras aplicações como a criptografia quântica).*

*Compreensão teórica dos fenómenos físicos (incluindo a descrição quântica de feixes coerentes e parcialmente coerentes de luz e a sua interação com a matéria).*

*Modelação e resolução de problemas específicos da área em questão.*

**Importância secundária:**

*Capacidade para procurar e utilizar bibliografia no estudo autónomo.*

*Capacidade de análise crítica de dados, modelos e resultados .*

**Familiarizar-se com as fronteiras de investigação na área.**

#### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

**Main learning outcomes:**

**Deep knowledge on quantum optics and its technological applications, with emphasis on LASERS and other application such as quantum cryptography.**

**Deep theoretical of the physical phenomena, including the quantum description of coherent and partially coherent light and its interaction with matter.**

**Modelling and resolution of specific problems in this field.**

**Other learning outcomes:**

**Capacity to autonomous work, searching and using literature.**

**Development of critical reasoning skills, involving data, models and results.**

**Becoming acquainted with the current research being done in this area.**

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

**Descrição clássica e quântica da radiação electromagnética.**

**Transições radiativas.**

**Coefficientes de Einstein, taxas de transição, regras de selecção.**

**Largura e forma das linhas espectrais.**

**Lasers e masers: oscilações, modos e propriedades.**

**Estatística de fótons**

**"Bunching" e "antibunching" de fótons.**

**Estados coerentes.**

**Interacção da luz com a matéria.**

**Sobreposição de estados coerentes e matriz densidade.**

**Modelo de dois níveis. Resolução da equação de Schrodinger dependente do tempo. Processos ressonantes.**

**Campo fraco e coeficientes de Einstein.**

**Campo forte: oscilações de Rabi, amortecimento.**

**Átomos em cavidades.**

**Cavidades ópticas. Acoplamento átomo-cavidade.**

**Limite fraco e emissão espontânea. O efeito de Purcell.**

**Electrodinâmica quântica do acoplamento forte e observações experimentais.**

**Aplicações.**

**Arrefecimento Doppler.**

**Armadilhas magneto-ópticas.**

**Criptografia clássica e quântica.**

**Computação quântica.**

#### 6.2.1.5. Syllabus:

**Classical and quantic description of electromagnetic radiation.**

**Radiative transitions.**

**Einstein's coefficients, transition rates, selection rules.**

**Width and shape of spectral lines.**

**Lasers and masers; oscillations, modes and properties.**

**Photon statistics.**

**"Bunching" and "antibunching" of photons.**

**Coherent states.**

**Interaction of light with matter.**

**Superposition of coherent states and density matrix.**

**Two-levels model. Resolution of time-dependent Schrodinger's equation.**

**Resonant processes.**

**Weak field and Einstein's coefficients.**

**Strong field: Rabi's oscillations, dampening.**

**Atoms in cavities. Optical cavities, coupling atom/cavity.**

**Weak limit and spontaneous emission. Purcell's effect.**

**Quantum electrodynamics of the strong coupling and experimental results. Applications.**

**Doppler cooling.**

**Magneto-electric traps.**

**Classic and quantum cryptography. Quantum computing.**

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

**O programa desenvolve-se partindo da descrição clássica da luz como onda electromagnética para a descrição**

*quântica, com natural ênfase nos aspetos quânticos da luz. Existe um bom equilíbrio entre a exposição da teórica e de aplicações. Assim, os tópicos de LASERs, arrefecimento Doppler e armadilhas opto-magnéticas são abordados com algum detalhe, procurando realizar os objetivos de aprendizagem preconizados no programa da unidade curricular.*

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

*The syllabus progresses from an overview of the classical description of light as electromagnetic waves into its quantum, description, with emphasis on the quantum aspects of light. A good balance exists in the syllabus between theory and applications. Thus, LASERs, doppler cooling, opto-magnetic traps, are discussed in some detail, fulfilling the main learning outcomes of the syllabus.*

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

*Alguns dos tópicos serão abordados de forma expositiva, outros serão propostos ao estudante para desenvolvimento autónomo, após uma breve introdução nas aulas. Há ainda aulas de laboratório e de resolução de problemas recorrendo a programas de modelação computacional.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Exame - 50.0%, Projecto - 25.0%, Resolução de problemas - 25.0%)*

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

*Some topics are addressed in lectures, others are given to the students for autonomous work at home, after a brief introduction in the lectures. The course also includes laboratory work and problem solving classes using computers and specific simulation and modelling software.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Exam - 50.0%, Project - 25.0%, Resolution Problems - 25.0%)*

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

*As metodologias preconizadas vão de encontro aos objetivos de aprendizagem, quer no que diz respeito à aprendizagem dos conteúdos mais relevantes, quer no desenvolvimento das capacidades (de resolução de problemas, estudo autónomo, etc.) dos alunos.*

*Será dada particular atenção às inúmeras aplicações da óptica quântica: lasers, criptografia e computação quântica que são áreas de ponta em rápido desenvolvimento.*

*Os alunos deverão consultar bibliografia especializada sobre alguns dos tópicos cobertos pelo programa, tal como indicado nos objetivos de aprendizagem.*

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

*The proposed methodologies address the main stated goals, both with respect to the topics that should be learnt by the student, and by providing the students skills such as problem solving, autonomous work, etc.*

*Particular attention would be given to the numerous applications of quantum optics: lasers, quantum cryptography and quantum computation, areas in fast development.*

*Students should learn how to search for specialised literature on some of the topics of the syllabus, as indicated in the learning outcomes.*

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

*Laser Fundamentals, W. T. Silfvast, Cambridge University Press (2003).*

*Quantum Optics: an introduction, M. Fox, Oxford University Press (2002).*

*Introductory Quantum Optics, C. Gerry, P. Knight, Cambridge University Press (2005).*

### Mapa X - Relatividade Geral e Cosmologia / General Relativity and Cosmology

#### 6.2.1.1. Unidade curricular:

*Relatividade Geral e Cosmologia / General Relativity and Cosmology*

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

**Orlando Olavo Aragão Aleixo e Neves de Oliveira - OT + T = 60.00**

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

*n/a*

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

**Objetivos:**

***Conhecimentos aprofundados de Relatividade Geral e suas aplicações em Cosmologia.***

**Competências:**

- . *Competência em análise e síntese;*
- . *Conhecimento de uma língua estrangeira;*
- . *Competência para resolver problemas;*
- . *Competência em raciocínio crítico;*
- . *Competência em aprendizagem autónoma;*
- . *Uso da internet como meio de comunicação e fonte de informação;*
- . *Competência em trabalho em grupo;*
- . *Criatividade;*
- . *Competência em aplicar na prática os conhecimentos teóricos;*
- . *Competência em investigar.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

**Objectives:**

***Detailed knowledge of General Relativity and its applications in Cosmology.***

**skills:**

- . *Competence in analysis and synthesis;*
- . *Knowledge of a foreign language;*
- . *Competence to solve problems;*
- . *Competence in critical thinking;*
- . *Competence in independent learning;*
- . *Use the internet as a means of communication and source of information;*
- . *Group work in competence;*
- . *creativity;*
- . *Competence to apply in practice the theoretical knowledge;*
- . *Competence to investigate;*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

***Gravitação e geometria - Introdução histórica. Geometrias não euclidianas e teorias da gravitação.***

***Relatividade Especial - Revisões.***

***Noções de hidrodinâmica relativista. Tensor energia-momento para um fluido perfeito: propriedades, leis de conservação. Equações fundamentais.***

***O princípio da equivalência. As experiências de Eötvös-Dicke e de Pound- Rebka. Conexão afim e tensor métrico.***

***Simbolos de Christoffel.***

***O princípio da covariância geral e suas aplicações.***

***Gravitação e curvatura do espaço. Tensores de Riemann-Christoffel e de Ricci e o escalar da curvatura. Transporte paralelo e tensor da curvatura. Identidades de Bianchi.***

***As equações de Einstein numa métrica quase minkowskiana.***

***Soluções das equações de Einstein para campos estáticos e isotrópicos; singularidade.***

***Equação geral de movimento de uma partícula ou de fóton num campo gravitacional. Aplicações.***

***Princípio cosmológico. Desvio para o vermelho. Métrica de Robertson-Walker. Modelos. Big-Bang, evolução do universo.***

**6.2.1.5. Syllabus:**

***Geometry and Gravitation - historic introduction. Non-Euclidean geometries and theories of gravitation.***

***Special Relativity - Revision.***

***Concepts of relativistic hydrodynamics. Momentum-energy tensor of a perfect fluid: properties, conservation laws.***

***Fundamental equations.***

***The equivalence principle. The Eötvös-Dicke e de Pound- Rebka experiments. Affine connection and metric tensor.***

***Christoffel symbols.***

***The principle of general covariance and its implications.***

***Gravitation and space curvature. Riemann-Christoffel and Ricci tensors, curvature scalar. Parallel transport and curvature tensor. Bianchi identities.***

***Einstein equation in a quasi-minkowski metric.***

***Solutions of Einstein equations for isostatic and isotropic fields; singularity,***

**General equation of motion of a particle or photon in a gravitational field. Applications. Cosmological principle. Red shift. Robertson-Walker metric. Models. Big-Bang, evolution of the universe.**

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

*O curso expõe a Teoria da Relatividade Geral e Cosmologia incluindo a matemática (cálculo tensorial e geometria diferencial) necessária para compreender a gravitação. O aluno é obrigado a resolver uma série de problemas clássicos que permitem fazer a ponte entre a Mecânica Clássica Relativista e a Teoria da Relatividade Geral. O curso coloca muito ênfase na resolução destes problemas que são fundamentais para o aluno ter sucesso no curso. As experiências mais importantes para a confirmação da teoria de Einstein, incluindo o princípio de equivalência, são discutidas ao longo do curso.*

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

*The course exposes the Theory of General Relativity and Cosmology including the mathematics (tensor calculus and differential geometry) needed to understand gravitation. The student is required to solve a series of classical problems that make the bridge between the Relativistic Classical Mechanics and the General Theory of Relativity. The course puts much emphasis on solving these problems that are fundamental for the student to succeed in the course. The most important experiences for the confirmation of Einstein's theory, including the principle of equivalence, are discussed throughout the course.*

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

*Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações apresentadas. Será dada ênfase às técnicas matemáticas necessárias para a compreensão da teoria.*

**Avaliação:**

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

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

*Expository teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented. Emphasis will be given to the mathematical techniques necessary for the understanding of the theory.*

**Evaluation:**

*- Assessment (*

*Mini Tests - 70.0%, Synthesis work - 30.0%)*

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

*O curso é iniciado com uma breve descrição histórica da gravitação e por uma primeira abordagem, que se pretende mais heurística, à geometria diferencial. De seguida faz-se uma revisão da Relatividade Especial, incluindo a descrição Hidrodinâmica que servem como ponto de partida para chegar à Relatividade Geral. De seguida é desenvolvida toda a maquinaria matemática necessária à Relatividade Geral. Uma vez discutido o princípio de equivalência e as experiências associadas, obtêm-se as equações de Einstein e estabelece-se a ponte com a descrição newtoniana da gravitação. Antes de fazer uma introdução à Cosmologia, discutem-se os testes clássicos da Relatividade Geral.*

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

*The course begins with a brief historical description of gravitation and a first heuristic approach to the differential geometry. A review of Special Relativity, including Hydrodynamics, a description that serves as a starting point to General Relativity. Then, the mathematical machinery needed to General Relativity is developed. After discussing the principle of equivalence and associated experiences, the Einstein equations are obtained and the bridge with Newtonian description of gravity is established. Before making an introduction to cosmology, the classical tests of general relativity are discussed.*

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

*B. F. Schutz, A first course in general relativity, CUP 1990*

*H. Stephani, General Relativity. An introduction to the theory of the gravitational field, CUP 1990*

*J. B. Hartle, Gravity: an introduction to Einstein General Relativity, Addison-Wesley 2003*

*S. Carrol, Lectures on General Relativity, <http://xxx.lanl.gov/abs/gr-qc/9712019>*

*S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, John Wiley & Sons 1972*

*S. Weinberg, Cosmology, CUP 2008*

*C. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman & Co Ltd 1973*

*L. Ryder, Introduction to General Relativity, CUP 2009*

## Mapa X - Semicondutores e Nanoestruturas / Semiconductors and Nanostructures

### 6.2.1.1. Unidade curricular:

*Semicondutores e Nanoestruturas / Semiconductors and Nanostructures*

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

*Rui César do Espírito Santo Vilão - PL + T = 72.00*

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

*n/a*

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

*Objetivos principais:*

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

*Objetivos secundários:*

*Desenvolvimento de capacidades laboratoriais, nomeadamente na utilização de equipamentos de medida de propriedades eléctricas de semicondutores tais como amplificadores lock-in, electrómetros, etc.*

*Desenvolvimento de capacidades de busca bibliográfica.*

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

### 6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

*Main learning outcomes:*

*Detailed knowledge of physics (semiconductors and their technological applications). Theoretical understanding of physical phenomena (including the description of the quantum properties of matter). Problem solving in this specific area.*

*Other learning outcomes:*

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

*Ability to search for and use bibliographic references.*

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

### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução aos materiais semicondutores. Electrões e lacunas electrónicas. Massa efectiva. Estrutura electrónica e estrutura de bandas.*

*Estatística dos portadores de carga.*

*Dinâmica de electrões e lacunas em campos eléctricos e magnéticos.*

*Semicondutores dopados.*

*Condução eléctrica e mecanismos de dispersão. Propriedades termoeléctricas.*

*Condução em campos magnéticos: ressonância de ciclotrão, efeito de Hall, e magnetoresistência.*

*Condução em campos eléctricos elevados (electrões "quentes").*

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

*Difusão. Lei de Fick, relação de Einstein.*

*Dispositivos semicondutores .*

*Junção p-n.*

*Díodos Zenner, efeito de túnel e de Gunn.*

*LEDs e LASERs. Células fotovoltaicas e fotodíodos.*

*Transístor de junção e FETs.*

*Interface metal/semicondutor. Díodos de Schottky e MOSFETs.*

*Heteroestruturas. Pontos e poços quânticos. Super-redes.*

**Nanotecnologia.****6.2.1.5. Syllabus:**

*Introduction to semiconductor materials.*

*Electrons and holes. Effective mass. Electronic band structure.*

*Statistics of charge carriers.*

*Dynamics of electrons and holes in applied electrical and magnetic fields. Electric conduction and scattering mechanisms. Thermoelectric properties.*

*Conduction in magnetic fields: cyclotron resonance, Hall effect, magnetoresistance.*

*Conduction in high magnetic fields (hot electrons).*

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

*Diffusion. Fick's law, Einstein's relation.*

*Semiconductor devices.*

*P-n junction. Rectifying properties of the p-n junction.*

*Zener diodes, tunnel diodes and Gunn diodes.*

*LEDs and lasers. Photovoltaic cells and photodiodes.*

*Junction transistor and FETs.*

*Interface metal/semiconductor. Schottky diodes and MOSFETs.*

*Heterostructures. Quantum dots and wells. Super-lattices.*

*Nanotechnologies.*

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

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

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

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

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

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

**Avaliação:**

*- Avaliação 1 (Exame - 60.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)*

*- Avaliação 2 (Frequência - 60.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 40.0%)*

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

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

**Evaluation:**

*- Assessment 1 (Exam - 60.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%)*

*- Assessment 2 (Frequency - 60.0%, Laboratory work or Field work - 40.0%)*

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

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

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

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

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

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

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

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

*Solid State Physics, N.W. Ashcroft, D. Mermin, Holt-Sanders (1976) ISBN: 0030839939*

*Physics of Semiconductor Devices, M. Shur, Prentice-Hall International, Inc. (1990) ISBN: 0136667023.*

**Mapa X - Seminário I / Seminar I****6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Seminário I / Seminar I*

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

*José António de Carvalho Paixão - S = 30.00*

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

*n/a*

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

*Competência em organização e planificação.*

*Competência em gestão da informação.*

*Competência em entender a linguagem de outros especialistas.*

*Competências de comunicação científica e técnica.*

*Competência de articulação do pensamento, da sua apresentação e de argumentação.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

*Competence in organization and planning.*

*Information management competences.*

*Competence in understanding the language of other specialists.*

*Scientific and technical communication skills.*

*Ability to articulate the thought, presentation and argumentation.*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*O aluno deverá preparar um seminário público sobre um tema afim à sua tese de dissertação (mas distinto do tema da tese).*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*The student must prepare a public seminar on a topic close the subject of the dissertation (but distinct from such subject).*

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

*O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objectivos do programa.*

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

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

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

*Trabalho de avaliação continuada: o aluno estará em contacto, pelo menos quinzenal, com o seu orientador de trabalho de seminário. Outros requisitos poderão ser impostos pelo orientador em questão, dependendo do tipo de trabalho a desenvolver.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Defesa de seminário público - 50.0%, Trabalho de investigação - 50.0%)*

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

*Continued evaluation work: the student should contact his seminar supervisor at least twice a month. Other requirements may be imposed by the supervisor, depending on the type of work to be done.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Defense of public seminar - 50.0%, Research work - 50.0%)*

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

*O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objetivos do programa.*

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

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

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

*Revistas Científicas adequadas ao tema em causa.*

*Scientific Journals suitable to the subject concerned.*

**Mapa X - Seminário II / Seminar II****6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Seminário II / Seminar II*

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

*José António de Carvalho Paixão - S = 30.00*

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

*n/a*

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

*Competência em organização e planificação.*

*Competência em gestão da informação.*

*Competência em entender a linguagem de outros especialistas.*

*Competências de comunicação científica e técnica.*

*Competência de articulação do pensamento, da sua apresentação e de argumentação.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

*Competence in organization and planning.*

*Information management competences.*

*Competence in understanding the language of other specialists.*

*Scientific and technical communication skills.*

*Ability to articulate the thought, presentation and argumentation.*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*O aluno deverá preparar um seminário público sobre um tema afim à sua tese de dissertação (mas distinto do tema da tese).*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*The student must prepare a public seminar on a topic close the subject of the dissertation (but distinct from such subject).*

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

*O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objetivos do programa.*

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

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

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

*Trabalho de avaliação continuada: o aluno estará em contacto, pelo menos quinzenal, com o seu orientador de trabalho de seminário. Outros requisitos poderão ser impostos pelo orientador em questão, dependendo do tipo de trabalho a desenvolver.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Defesa de seminário público - 50.0%, Trabalho de investigação - 50.0%)*

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

*Continued evaluation work: the student should contact his seminar supervisor at least twice a month. Other requirements may be imposed by the supervisor, depending on the type of work to be done.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Defense of public seminar - 50.0%, Research work - 50.0%)*

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

*O seminário é preparado pelo aluno com supervisão de um orientador que se encarrega de assegurar a coerência com os objetivos do programa.*

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

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

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

*Revistas Científicas adequadas ao tema em causa.  
Scientific Journals suitable to the subject concerned.*

**Mapa X - Simulação e Métodos de Monte Carlo / Simulation and Monte Carlo Methods**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Simulação e Métodos de Monte Carlo / Simulation and Monte Carlo Methods*

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

*Maria Filomena de Osório Pinto dos Santos Figueiredo - PL + T = 60.00*

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

*n/a*

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

- 1. O aluno deve ficar a conhecer as limitações dos números pseudo-aleatórios e dos geradores correspondentes.*
- 2. Deve compreender o fundamento do método de Monte Carlo e o âmbito de aplicação desta técnica de simulação.*
- 3. Ser capaz de simular uma amostra de dados e de antecipar por simulação a resposta de um sistema qualquer.*
- 4. Ser capaz de fazer um modelo de Monte Carlo de um processo físico (e de uma sequência de processos físicos) com o intuito de prever e reproduzir o funcionamento de um sistema.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

- 1. The student should become aware of the limitations of pseudo-random numbers and of the different architectures of random number generators.*
- 2. He must understand how Monte Carlo simulation works and how and when to apply it.*
- 3. He should be able to simulate from a sample and to anticipate, through simulation, the response of a system.*
- 4. He should also be able to model a physical process to predict and reproduce the outcome of a system*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*Método de Monte Carlo. O que é e como se implementa  
Números aleatórios – requisitos. Tipos de geradores. Testes.  
Probabilidades discretas, contínuas e cumulativa. Distribuição uniforme. Distribuições não uniformes - exponencial*

*e gaussiana*

*Alteração da densidade de probabilidade: método da inversão, da rejeição e de Box-Muller. Caso de mudança de variáveis*

*Integração com M.C. Valores espectáveis*

*Importance sampling*

*Métodos de resolução de equações: substituições sucessivas, Newton-Cotes, meios intervalos e regula-falsi*

*Métodos de interpolação: polinómios, fórmula de Lagrange e interpolação "piecewise"*

*Métodos para estimar raízes de funções: Newton-Raphson, secante, bissecção e Regula-Falsi.*

*Métodos de integração: quadraturas de Newton-Cotes aberta e fechada Regras do ponto médio, trapézio e de Simpson. Quadratura gaussiana*

*Integração de equações diferenciais: método de Euler, de Neuer e de Runge-Kutta*

*Random walks, cadeias de Markov, algoritmo de Metropolis. Aplicações*

#### 6.2.1.5. Syllabus:

*Monte Carlo method: Definition and implementation.*

*Random numbers – requirements. Types of random number generators. Tests.*

*Probabilities: discrete, continuous and cumulative. Uniform distribution. Non-uniform distributions: exponential and Gaussian.*

*Change of probability density: inversion and Box-Muller methods. Change of variables.*

*Monte Carlo integration.*

*Importance sampling*

*Finding the root of equations: successive substitutions, Newton-Cotes, half intervals and regula-falsi methods.*

*Interpolation methods: polynomial interpolation, Lagrange formula and piecewise interpolation.*

*Finding the roots of functions: Newton-Raphson, secant, bisection and regula-falsi*

*Integration methods: Newton-Cotes quadrature (open and closed), middle point, trapezoid and Simpson rules.*

*Gaussian quadrature.*

*Integration of differential equations: Euler, Neuer and Runge-Kutta methods.*

*Random walks, Markov chains, Metropolis algorithm. Examples and applications.*

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

*O método de Monte Carlo é apresentado como uma ferramenta poderosa para a resolução de inúmeros problemas de índole diversa, quer no âmbito da Física, quer fora desse âmbito. As aulas teóricas fornecem e a base para a resolução de problemas e dão o suporte teórico e as possibilidades do método de Monte Carlo. Permitem decidir quando e como usar o método, estabelecer e criar modelos adequados às situações em estudo e ainda decidir quais as opções mais convenientes em cada caso, em termos de custo computacional, rigor, precisão exigidos. A conjugação com as aulas teórico práticas dá a experiência necessária para prever o sucesso de uma aplicação. No final os alunos escolhem um projecto para o qual criam um modelo, implementam esse modelo, obtêm resultados e discutem-nos, provando assim a aquisição de conhecimentos ao longo do curso.*

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

*Monte Carlo method is presented as a powerful tool to solve many kinds of problems either in Physics or in other environments. Classes give the theoretical background, the basis for problem solving and also provide an insight for the possibilities of the method. They suggest when and how to use the method, how to create a model compatible with the situations under study and decide the most convenient options in each situation computational, precision and cost wise. Together with tutorials students will gain the expertise to predict the success of a given Monte Carlo simulation study. Students will choose a project they want to study, create a model and get the corresponding results which they discuss, in view of what was expected (or of known experimental results), in order to assess the credibility of the model*

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

*- Aulas teóricas com recurso ao quadro negro e eventual projecção de transparências e animações computacionais;*

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

*- aulas abertas a discussão com os estudantes.*

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

*Procura-se desenvolver o espírito crítico e a criatividade dos alunos encorajando-os a sugerir ideias, temas, etc, cuja solução possa ser dada pelo método de Monte Carlo.*

*Exemplos de modelos para situações típicas*

*Avaliação:*

*- Avaliação (Apresentação teórica de tema relacionado com a matéria, à escolha do aluno - 10.0%, Projecto - 50.0%, Resolução de problemas - 40.0%)*

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

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

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

*Typical Monte Carlo dealt situations are also described and studied.*

**Evaluation:**

**- Assessment (Presentation by the student of a topic included in the syllabus - 10.0%, Project - 50.0%, Resolution Problems - 40.0%)**

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

*Os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas teóricas são postos em prática nas aulas teórico práticas em que os alunos são colocados perante problemas que podem ser resolvidos pelo Método de Monte Carlo.*

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

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

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

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

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

*- Knuth, The Art of Computer Programming, 3rd vol, Addison-Wesley, 1999.*

*- Press et al., Numerical Recipes in c, Camb. Univ. Press, 1992.*

*- Wong, Computational Methods in Physics and Engineering, 2nd ed, Prentice-Hall, 1997.*

*- R. Gaylord, P. Wellin, Computer Simulations with Mathematica, Springer, 1995.*

**Mapa X - Superfluidez, Supercondutividade e Magnetismo / Superfluidity, Superconductivity and Magnetism**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Superfluidez, Supercondutividade e Magnetismo / Superfluidity, Superconductivity and Magnetism*

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

*José António de Carvalho Paixão - PL + T = 60.00*

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

*n/a*

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

*Objetivos específicos:*

*Conhecimentos aprofundados de física nos seguintes tópicos do programa: condensados de Bose-Einstein, superfluidez, supercondutividade, magnetismo e suas aplicações tecnológicas.*

*Compreensão teórica dos fenómenos físicos ao nível da descrição quântica destas propriedades da matéria.*

*Aplicação dos conhecimentos prévios (de Mecânica Quântica e Física Estatística) em novas situações, envolvendo temas do programa.*

*Modelação e resolução de problemas específicos da área em questão.*

*Outros objetivos e competências a desenvolver:*

*Desenvolvimento de raciocínio crítico, capacidade de estudo autónomo, capacidades laboratoriais no domínio da criogenia e da medição de propriedades eléctricas e magnéticas dos materiais.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

*Main learning outcomes:*

**A deep knowledge of the physics involved in the following topics addressed in this course: Bose-Einstein condensates, superfluidity, superconductivity, magnetism and their technological applications.**

**A theoretical (at the quantum mechanics level) understanding of the physical phenomena responsible for such states of matter.**

**Application of previous knowledge of Quantum Mechanics and Statistical Physics to new situations, concerning topics of the program.**

**Modelling and resolution of specific problems in the area.**

**Other learning outcomes:**

**Development of critical reasoning, autonomous work, and laboratory skills in the fields of cryogenics and measurement of electrical and magnetic properties.**

#### 6.2.1.5. Conteúdos programáticos:

**Condensados de Bose-Einstein.**

**Superfluidez.**

**Fluidos clássicos e quânticos.**

**Superfluidez do He(II).**

**Quantização do fluxo e vórtices.**

**Supercondutividade. Introdução histórica; comportamento básico (eléctrico, magnético e termodinâmico).**

**Supercondutividade do tipo I e II.**

**Modelo dos London.**

**Modelo de Ginzburg-Landau.**

**Teoria BCS da supercondutividade.**

**Supercondutividade e e superfluidez não convencionais.**

**Magnetismo.**

**Magnetismo em átomos isolados: diamagnetismo, paramagnetismo, regras de Hundt.**

**Campo cristalino.**

**Interações magnéticas: interacção magnética dipolar, interacção de troca.**

**Ordem em estruturas magnéticas: ferromagnetismo, antiferromagnetismo e ferrimagnetismo. Modelo de Weiss-Néel.**

**Domínios magnéticos.**

**Magnetismo nos metais: paramagnetismo de Pauli e diamagnetismo de Landau.**

**Excitações magnéticas.**

**Efeito de Kondo e modelo de Hubbard.**

#### 6.2.1.5. Syllabus:

**Bose-Einstein condensates.**

**Superfluidity.**

**Classical and quantum fluids.**

**The superfluidity of He(II).**

**Flux quantisation and vortices.**

**Superconductivity.**

**Discovery; basic properties of superconductors (electric, magnetic and thermodynamic).**

**Type I and type II superconductivity.**

**London's model.**

**Gunzburg-Landau model.**

**The BCS theory of superconductivity.**

**Non-conventional superconductivity and superfluidity.**

**Magnetism.**

**Magnetism of isolated atoms: diamagnetism, paramagnetism, Hundt's rules.**

**Crystal field.**

**Magnetic interactions: dipolar magnetic interaction, exchange interaction.**

**Magnetic order: ferromagnetism, antiferromagnetism and ferrimagnetism. Weiss-Néel model.**

**Magnetic domains.**

**Kondo effect and Hubbard's model.**

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

**O programa dá uma visão global e unificada dos fenómenos coletivos mais importantes na matéria condensada responsáveis pelas fases com ordem de longo alcance a baixa temperatura. Procura-se, numa perspectiva moderna, relacionar os vários fenómenos e dar deles uma interpretação ao nível dos conhecimentos de Mecânica Quântica e Física Estatística dos alunos. Procura-se ilustrar, sempre que oportuno, as várias aplicações tecnológicas resultantes da investigação fundamental nos tópicos do programa tais como, magnetes**

*supercondutores para imagiologia médica, aplicação de SQUIDS como sensores ultrasensíveis, etc.*

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

*The syllabus provides a global and unified view of the most relevant collective phenomena in condensed matter responsible for the long-range ordered phases at low temperature. Thus, we aim at related in a modern perspective the different phenomena and interpret them at the level of students knowledge of Quantum Mechanics and Statistical Physics. Whenever adequate, the technological applications of fundamental research on the topics of the syllabus are presented to the students. As examples, the use of superconductor technology for medical imaging, SQUIDS as highly sensitive sensores, are discussed with the students.*

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

*Alguns dos tópicos serão abordados de forma expositiva, outros serão propostos ao estudante para desenvolvimento autónomo, após uma breve introdução nas aulas.*

*Os alunos farão um conjunto de trabalhos laboratoriais na área, tais como: medida da suscetibilidade magnética de sais paramagnéticos e do seu momento efectivo; determinação da temperatura de Curie e medida do ciclo de histerese de um ferreamente; síntese e caracterização das propriedades eléctricas e magnéticas de um superconductor de alta temperatura, etc.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Exame - 70.0%, Resolução de problemas - 10.0%, Trabalho laboratorial ou de campo - 20.0%)*

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

*A few of these topics will be taught in lectures, others will be proposed to students for individual study, after a brief introduction in the lectures.*

*The students will perform a set of laboratory experiments, such as: measurement of the magnetic susceptibility of paramagnetic salts and determination of effective moment; determination of the Curie temperature and measurement of hysteresis loops in a ferromagnet; synthesis, and characterisation of the electric and magnetic properties of a high-Tc superconductor; etc.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Exam - 70.0%, Laboratory work or Field work - 20.0%, Resolution Problems - 10.0%)*

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

*As metodologias preconizadas vão de encontro aos objetivos de aprendizagem, nomeadamente ao providenciar aos alunos conhecimentos atualizados, de grau de profundidade adequado ao nível de um curso de Mestrado, nos sistemas físicos em estudo (condensados de Bose-Einstein, superfluidos, supercondutores e sistemas magnéticos). A ordem com que os tópicos são abordados proporciona uma visão unificada dos fenómenos, da condenação de Bose-Einstein aos fluidos quânticos e supercondutores. Os trabalhos laboratoriais são uma componente importante da unidade curricular, permitindo demonstrar os fenómenos estudados teoricamente, e adquirir algumas competências laboratoriais específicas, nomeadamente ao nível de criogenia e de medição de propriedades eléctricas e magnéticas.*

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

*The proposed methodologies are adequate to the aimed learning outcomes, namely by providing students with up to date knowledge, at an adequate level of a Masters' course, of the relevant physical systems of the syllabus, Bose-Einstein condensates, superfluids, superconductors and magnetic systems. The sequence of the topics provides an unified vision of the phenomena, from Bose-Einstein condensation to quantum fluids and superconductors. The practical work is an important part of the course, by demonstrating the physical phenomena studied theoretically, and gives an opportunity for the students to develop their laboratory skills, namely in cryogenics and measurement of electrical and magnetic properties.*

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

*Superconductivity, superfluids and condensates, J.F. Annett, Oxford Univ. Press (2004).*

*Introduction to superconductivity, A.C. Rose-Innes and E.H. Rhoderic, Pergamon Press.*

*Magnetism in Condensed Matter, S. Blundell, Oxford. Univ. Press (2001).*

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

*Teoria Quântica de Campos / Quantum Field Theory*

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

*Pedro Almeida Vieira Alberto - OT + T = 60.00*

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

*n/a*

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

*Reconhecer a importância de métodos não-perturbativos para a análise de dados relativamente à dispersão e produção de partículas em processos de alta energia, realizados em aceleradores de partículas, como LHC, DESY, Fermilab, KEK e BEPC, ou em experiências que envolvem raios cósmicos, como o Pierre Auger Cosmic Ray Observatory.*

*Conhecer as equações de Bethe-Salpeter e Schwinger-Dyson.*

*Calcular secções eficazes de processos que envolvem interações fracas, fortes e electromagnéticas.*

**6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:**

*Recognize the importance of non-perturbative methods for data analysis regarding the dispersion and particle production in high energy processes, both in particle accelerators, such as LHC, DESY, Fermilab BEPC and KEK, or in experiments with cosmic rays, as the Pierre Auger cosmic Ray Observatory.*

*Knowing the Bethe-Salpeter and the Schwinger-Dyson equations.*

*Knowing how to calculate cross sections of processes involving weak, strong and electromagnetic interactions.*

**6.2.1.5. Conteúdos programáticos:**

*Densidades Lagrangeanas, simetrias e leis de conservação.*

*Campos de Klein-Gordon e de Dirac: segunda quantização; relações de comutação e anticomutação entre operadores de criação e de aniquilação; Propagadores.*

*Quantização do campo electromagnético.*

*Formalismo da Matriz S.*

*Diagramas de Feynman e regras em QED (eletrodinâmica quântica) e aplicações.*

*Métodos de regularização.*

**6.2.1.5. Syllabus:**

*Lagrangian densities, symmetries and conservation laws.*

*Klein-Gordon and Dirac fields: second quantisation; commutation and anti commutation relations between creation and annihilation operators. Propagators.*

*Quantisation of the electromagnetic field.*

*S-matrix formalism.*

*Feynman diagrams and their rules in QED (Quantum Electrodynamics).*

*Regularisation methods.*

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

*Os conteúdos são essencialmente os que constituem o corpo de conhecimentos nesta área.*

*Analisando o conjunto de temas propostos, constroi-se todo um edifício de conceitos e discute-se a sua aplicação a problemas concretos.*

*Em termos de coerência não se vê portanto que os conteúdos não pudessem ser, no seu conjunto, muito diferentes dos que aqui propostos.*

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

*The contents are essentially those which constitute the body of knowledge in this area.*

*Analyzing the set of proposed themes, builds up an entire building of new concepts and sets the ground for discussing their application to concrete problems.*

*In terms of consistency one cannot see how the contents could be much different, as a whole, from those proposed herein.*

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

*Ensino expositivo com referências constantes aos sistemas físicos cuja descrição se enquadra nas equações*

**apresentadas. Será dada ênfase às técnicas matemáticas necessárias para a obtenção das propriedades dos processos de dispersão e produção de partículas elementares.**

**Avaliação:**

**- Avaliação (Exame - 100.0%)**

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

**Expositive teaching with constant references to physical systems whose description fits the equations presented. Emphasis will be given to the mathematical techniques needed to obtain the properties of the dispersion and production processes in the field of elementary particle physics.**

**Evaluation:**

**- Assessment (Exam - 100.0%)**

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

**A dialética entre a descrição das técnicas matemáticas, o desenvolvimento dos conceitos físicos e a aplicação no seu conjunto ao cálculo de problemas de dispersão e colisão é manifestamente a melhor forma de dar corpo aos objectivos enunciados para esta unidade.**

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

**The dialectic interplay between the description of mathematical techniques, the development of physical concepts and its application as a whole to the calculation of dispersion and collision problems is clearly the best way to give effect to the objectives set for this unit.**

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

**-Michael Peskin, Daniel Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Westview Press**

**-J. Bjorken, S. Drell, Relativistic Quantum Fields, McGraw-Hill**

**-Eef van Beveren, Some notes on Field Theory.**

**-R. J. Rivers, Path integral methods in quantum field theory, Cambridge University Press, 1987.**

**-Ta-Pei Cheng and Ling-Fong Li, Gauge theory of elementary particles, Clarendon Press, 1984.**

**-C. D. Roberts and A. G. Williams, Dyson-Schwinger equations and their application to hadronic physics, Prog. Part. Nucl. Phys. 33, 477 (1994).**

**-C. D. Roberts, Hadron Properties and Dyson-Schwinger Equations, Prog. Part. Nucl. Phys. 61, 50 (2008).**

**-M. S. Bhagwat, A. Hoell, A. Krassnigg, C. D. Roberts and S. V. Wright, Schwinger functions and light-quark bound states, Few Body Syst. 40, 209 (2007).**

**-A. Krassnigg, C. D. Roberts and S. V. Wright, Meson spectroscopy and properties using Dyson-Schwinger equations, Int. J. Mod. Phys. A22, 424 (2007).**

**Mapa X - Transições de Fase e Teoria de Grupos / Phase Transitions and Group Theory**

**6.2.1.1. Unidade curricular:**

**Transições de Fase e Teoria de Grupos / Phase Transitions and Group Theory**

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

**Isaac Vidaña Haro - OT + T = 30.00**

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

**Silvia Chiacchiera - OT + T = 30.00**

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

**Objetivos:**

**Importância central:**

**Conhecimentos aprofundados de física (mecânica estatística, teoria de grupos, incluindo as suas aplicações)**

**Caracterização dos diferentes tipos de transições de fase, expoentes críticos, classes de universalidade, etc.**

**Compreensão teórica dos fenómenos físicos envolvidos nas transições de fase e respetivos modelos teóricos.**

**Resolução de problemas específicos da área em questão, recorrendo às ferramentas matemáticas leccionadas no programa, de forma autónoma pelos alunos.**

**Importância secundária:****Capacidade para procurar e utilizar bibliografia relevante para um problema.****Estar familiarizado com a investigação recente na área.****6.2.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:****Main learning outcomes:****Deep knowledge of the statistical mechanics and group theory methods, including applications;****Characterisation of the different types of phase transitions, critical exponents, universality classes, etc.****Theoretical understanding of the physical phenomena involved in phase transitions.****Autonomous problem solving by the students, using the mathematical tools taught in the syllabus, within this field.****Other learning outcomes:****Capacity to search relevant literature to address a specific problem. To be acquainted with the current research being done in this field.****6.2.1.5. Conteúdos programáticos:****Energia livre e ensembles estatísticos (revisão).****Estatística Quântica (revisão).****Parâmetros de ordem; quebra de simetria; topologia.****Teoria de Landau das transições de fase.****Correlações, resposta e dissipação.****Transições de fase abruptas (1ª ordem) e contínuas (2ª ordem).****Simetrias - conceitos básicos.****Grupos; representações de grupos.****Representações irredutíveis; propriedades de vectores e operadores irredutíveis.****Aplicações da teoria de grupos.****Grupos contínuos.****6.2.1.5. Syllabus:****Free energy and statistical ensembles (revision).****Quantum statistics (revision).****Order parameters; symmetry breaking; topology.****Landau's theory of phase transitions.****Correlations, response and dissipations.****Abrupt (1st order) and continuous (2nd order) phase transitions.****Symmetries (basic concepts).****Groups; representation of groups.****Irreducible representations; properties of vector and tensor irreducible operators.****Applications of group theory.****Continuous groups.****6.2.1.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

**O curso cobre os tópicos habituais de um curso introdutório sobre transições de fase e teoria de grupos. O nível de profundidade está adaptado aos conhecimentos dos alunos e ao tempo de leccionação disponível. Dá-se relevo à compreensão dos fenómenos envolvidos nas transições de fase, à sua caracterização recorrendo a expoentes críticos, etc., na sua descrição unificada por modelos, e na apresentação de exemplos abundantes provenientes de várias áreas.**

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

**This curricular unit covers the usual topics typically addressed in an introductory course on phase transitions and group theory. The level of the course is adapted to the previous knowledge of the students and to the available teaching time. Emphasis is given to the understanding of the phenomena involved in phase transitions, to its characterisation based on critical exponents, etc., and its unified description in the framework of models. Several examples of problems in different areas are discussed with the students.**

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

**Alguns dos tópicos serão abordados de forma expositiva, outros serão propostos ao estudante sob a forma de problemas para resolver em casa, após uma breve introdução nas aulas, que serão apresentados pelos estudantes**

*e discutidos nas aulas tutoriais.*

*No que respeita à teoria de grupos, será dada particular atenção às aplicações em várias áreas: Física da Matéria Condensada, Física de Partículas, etc.*

*Os alunos deverão consultar bibliografia especializada sobre alguns dos tópicos cobertos pelo programa.*

**Avaliação:**

*- Avaliação (Exame - 70.0%, Resolução de problemas - 30.0%)*

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

*Some topics are addressed in lectures, others are proposed to the students as problems to solve individually at home, after a short introduction in lectures that will be presented by the students, and discussed in the tutorials.*

*Concerning group theory, emphasis will be given to applications in different field of Physics: Condensed Matter Physics, Particle Physics, etc.*

**Evaluation:**

*- Assessment (Exam - 70.0%, Resolution Problems - 30.0%)*

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

*A metodologia preconizada, baseada em aulas expositivas e resolução de problemas autonomamente pelos alunos com apresentação e discussão nas aulas tutoriais vai ao encontro dos objetivos de aprendizagem preconizados para esta disciplina, acima descritos, nomeadamente no desenvolvimento das capacidades de aprendizagem autónoma dos alunos.*

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

*The methodology here proposed based on a mix of lectures and autonomous problem solving by the students, with presentation and discussion at the tutorials, addresses the main learning outcomes of this subject, namely by promoting the skills for autonomous learning of the students.*

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

*K. HUANG, Statistical Mechanincs, Wiley & Sons, 1987.*

*L. E. REICHL, A modern course in statistical physics, Univ. of Texas, 1980.*

*N. GOLDENFELD, Lectures on phase transitions and the renormalization group, Addison-Wesley, 1992.*

*J. M. YEOMANS, Statistical Mechanics of phase transitions, Claredon Press, 1992.*

*M. TINKHAM, Group Theory and Quantum Mechanics, Dover (2003)*

*R. McWEENY, Symmetry: an introduction to group theory and its applications, Dover (1963).*

### 6.3. Metodologias de Ensino/Aprendizagem

#### 6.3.1. Adequação das metodologias de ensino e das didáticas aos objetivos de aprendizagem das unidades curriculares.

*As metodologias de ensino utilizadas dependem da especificidade de cada unidade curricular e estão descritas nas respetivas Fichas de Unidade Curricular. A apresentação dos conceitos é feita nas aulas teóricas e, dependendo da unidade, a metodologia pode variar entre a resolução de problemas em aulas designadas por teórico-práticas e/ou a execução de trabalhos laboratoriais com elaboração de relatórios. É frequente ser proposto aos alunos a resolução de problemas fora da sala de aula para incentivar a sua autonomia. Alguns destes problemas são previamente motivados pela leitura de artigos científicos. Durante a dissertação os alunos efetuam investigação científica supervisionada numa unidade de investigação. A adaptação das metodologias de ensino e das didáticas aos objetivos de aprendizagem é atestada pelas taxas de sucesso da maioria das unidades curriculares e pelos conhecimentos, competências e atitudes que os alunos manifestam em contexto de investigação.*

#### 6.3.1. Suitability of methodologies and didactics to the learning outcomes of the curricular units.

*The used teaching methodologies depend on the curricular unit and are described in each Curriculum Unit file. In the general case, the theoretical concepts are introduced in the theoretical classes and, depending on the type of curricular unit and its specificity, problem-solving and/or experimental work are used for the consolidation of these theoretical concepts. In the case of experimental work, the students are usually asked to write and discuss a report with the analysis of the data taken in the experiment. Often, problems are given to the students to be solved out of the classes, in order to encourage their autonomy. Such problems are often motivated by the reading of scientific articles assigned to study in class. The adaptation of the teaching methodologies and strategy to the learning outcomes can be verified by the success rate of most of the curricular units and and are also accessed by the*

*knowledge, skills and attitudes shown by the students when doing research.*

**6.3.2. Formas de verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS.**

*A adequação entre o número de créditos ECTS e a carga de trabalho necessária aos estudantes nas unidades curriculares é avaliada com base na informação recolhida junto dos docentes e através dos inquéritos pedagógicos realizados aos estudantes. A distribuição das tarefas a realizar pelos estudantes nas diferentes unidades curriculares, nomeadamente as datas para realização das provas de avaliação e datas para entrega de trabalhos, bem como a escolha das disciplinas de avaliação periódica e de avaliação por exame final, é coordenada entre os diferentes docentes e o coordenador do curso de modo a não sobrecarregar demasiado determinadas épocas do semestre, respeitando sempre a carga de esforço correspondentes aos ECTS das diferentes unidades curriculares. As boas taxas de sucesso na maior parte das unidades curriculares do curso atesta esta correcta adequação entre ECTS e carga de trabalho exigida aos estudantes.*

**6.3.2. Means to check that the required students' average work load corresponds the estimated in ECTS.**

*The verification that the average workload required corresponds to that estimated in ECTS is evaluated through the information given by the teaching staff and by the survey made to the students at the end of each semester. In order to avoid a concentration of workload during some periods of the semester and to respect the compliance between the workload required and the ECTS attributed to each curricular unit, the teaching staff of the curricular units and the MF coordinator, adjust the dates for the evaluation tests and delivery of laboratory and problem-solving reports. Also, the choice of the curricular units that have periodic evaluation and those that are evaluated by final exam only, is harmonized between the teaching staff and the MF coordinator. The good success rate of most curricular units of the course attests that there are few deviations from the average workload requested and the ECTS credits attributed to the curricular units.*

**6.3.3. Formas de garantir que a avaliação da aprendizagem dos estudantes é feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

*Os métodos de avaliação estão discriminados nas FUCS e foram considerados adequados pelos docentes e pela coordenação do Mestrado em Física. A avaliação é frequentemente baseada em testes/exames combinados com avaliações laboratoriais, práticas e discussão de artigos científicos, em regime contínuo, aferindo o envolvimento do aluno no processo de aprendizagem. No entanto, a verificação da correcta adequação entre a avaliação e os objetivos de aprendizagem é feita anualmente com base nos comentários dos alunos obtidos através dos inquéritos e nas reuniões realizadas entre os docentes envolvidos e a coordenação do curso. Recentemente foi alterado o regime de avaliação das disciplinas de forma a cumprir o novo Regulamento Pedagógico da UC, tendo a avaliação das disciplinas sido adaptada a este Regulamento. A escolha das disciplinas com avaliação periódica ou avaliação final é orientada pelo coordenador de curso, após as sugestões dos docentes envolvidos.*

**6.3.3. Means to ensure that the students learning assessment is adequate to the curricular unit's learning outcomes.**

*The evaluation methods are identified in each Curriculum Unit file and have been considered adequate for the learning outcomes both by the teaching staff and by the LF coordinator. The evaluation is usually based on tests/exams together with laboratory evaluations of practical character and eventually the discussion of scientific papers, in a continuous process that assesses the involvement of the students in the learning process. Nevertheless, the verification that the chosen evaluation is adequate to the learning outcomes is evaluated through the students' pedagogic surveys and by meetings promoted by the course coordinator with the teaching staff. Recently, since there was a change in the Pedagogical Regulation of the UC, the evaluation in the different Curricular Units had to be revised. The choice of which curricular units have periodic evaluation and which have final evaluation was harmonized by the course coordinator, after the recommendations of the teaching staff.*

**6.3.4. Metodologias de ensino que facilitam a participação dos estudantes em atividades científicas.**

*Os estudantes do curso de Mestrado em Física são envolvidos em atividades científicas desde o 1º ano, pois a maioria das unidades curriculares contemplam atividades práticas de índole laboratorial ou de investigação no seu curriculum. Quase sempre estas atividades desenvolvem-se nos laboratórios dos centros de investigação sediados no Departamento de Física da FCTUC, tendo assim os estudantes contacto estreito com os equipamentos avançados, metodologias de investigação e profissionais (técnicos e investigadores) dos ramos da Física das respectivas áreas. Privilegia-se, neste tipo de atividades, que o aluno resolva um dado problema recorrendo a várias técnicas ou abordagens (experimentais, computacionais). Para além do contacto com a investigação através das aulas laboratoriais do 1º ano, os alunos realizam no 2º ano do curso, num centro de investigação, trabalho original de investigação, supervisionado, conducente à sua tese (dissertação) de mestrado.*

**6.3.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities.**

*The students of the Master's degree in Physics are enrolled in scientific activities already in the 1st year of the course, as most of the curricular units have assigned practical activities of either laboratory or research work. As a*

*rule, these activities take place in the laboratories of the research centres located in the Physics Department, so that the students manipulate state of the art research equipment and are in close contact with researchers and technicians of these research units and learn the research methodologies of the respective branches of Physics. Such activities where the student has to solve a given problem using a variety of techniques and approaches, as in real research, are privileged. In addition to the scientific activities through laboratory work during the 1st year, students have to perform in the 2nd year of the course original, supervised, research work for their Master's thesis. Such work is conducted in a research center at the Physics Department.*

## 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	2	7
N.º diplomados em N anos / No. of graduates in N years*	3	2	5
N.º diplomados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	1	0	1
N.º diplomados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	1	0	1
N.º diplomados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	1	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.

*O sucesso escolar nos 3 ramos de especialização do curso de Mestrado em Física é semelhante, não havendo diferenciação significativa no sucesso escolar das respectivas unidades curriculares.*

##### 7.1.2. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and related curricular units.

*The academic success in the different specialisation branches of the Master Degree in Physics is similar, and no significant difference in academic success is notorious when analysing their respective curricular units.*

##### 7.1.3. Forma como os resultados da monitorização do sucesso escolar são utilizados para a definição de ações de melhoria do mesmo.

*O sucesso escolar nas diferentes unidades curriculares do programa de estudos é monitorizado com base nos parâmetros de qualidade fornecidos pela aplicação NONIO da UC, a que se junta a informação recolhida junto dos docentes pela coordenação do MF, através dos inquéritos pedagógicos realizados aos estudantes e de informação recolhida informalmente a partir dos estudantes e docentes. A coordenação do ciclo de estudos analisa, em ligação com o Diretor e a Comissão Científica do DF o funcionamento das unidades curriculares e discute com os seus docentes todas as situações menos satisfatórias em termos de sucesso e/ou avaliação escolar. Desta forma é possível definir as correções necessárias para melhorar o desempenho dos estudantes, podendo passar pela alteração do corpo docente associado à unidade curricular no ano letivo seguinte.*

##### 7.1.3. Use of the results of monitoring academic success to define improvement actions.

*The academic success in different curricular units of the study cycle is monitored on the basis of the quality parameters provided by the UC information application NONIO, together with information provided by the academic staff to the LF coordination, and by students, through the pedagogic surveys, and the information acquired in an informal way from teachers and students. The LF coordination analyses, in connection with the DF Director and the Scientific Committee, the operation of the curricular units and discusses with the respective academic staff any unsatisfactory situations in terms of academic success and/or evaluation. In this way it is possible to define the necessary corrections to improve the students' performance which, in some cases, can lead to a change of academic staff associated with the course in the following academic year.*

## 7.1.4. Empregabilidade.

### 7.1.4. Empregabilidade / Employability

	%
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em sectores de atividade relacionados com a área do ciclo de estudos / Percentage of graduates that obtained employment in areas of activity related with the study programme's area.	90
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em outros sectores de atividade / Percentage of graduates that obtained employment in other areas of activity	10
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	85

## 7.2. Resultados das atividades científicas, tecnológicas e artísticas.

### Pergunta 7.2.1. a 7.2.6.

7.2.1. Indicação do(s) Centro(s) de Investigação devidamente reconhecido(s), na área científica predominante do ciclo de estudos e respetiva classificação (quando aplicável).

*Os principais Centros de Investigação com atividade na área da Física e respetiva classificação são:*

**LIP-Coimbra – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (Laboratório Associado): Muito Bom**

**LIBPhys-UC – Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física da Radiação: Bom (em fase de revisão)**

**CFisUC – Centro de Física da Universidade de Coimbra: Razoável (em fase de revisão)**

**CITEUC – Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra: Muito Bom**

7.2.1. Research centre(s) duly recognized in the main scientific area of the study programme and its mark (if applicable).

*The main Research Centers with activity in the field of Physics and respective mark are:*

**LIP-Coimbra – Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics (Associated Laboratory): Very Good**

**LIBPhys-UC – Laboratory for Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics: Good (in revision phase)**

**CFisUC – Center of Physics of the University of Coimbra: Fair (in revision phase)**

**CITEUC – Center for Research of Earth and Space of the University of Coimbra: Very Good**

7.2.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos em revistas internacionais com revisão por pares, livros ou capítulos de livros, relevantes para o ciclo de estudos.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/bad410a1-77aa-8570-e57f-56460663c502>

7.2.3. Mapa-resumo de outras publicações relevantes, designadamente de natureza pedagógica:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/bad410a1-77aa-8570-e57f-56460663c502>

7.2.4. Impacto real das atividades científicas, tecnológicas e artísticas na valorização e no desenvolvimento económico.

*O impacto real das atividades científicas e tecnológicas associadas ao MF resulta principalmente de projetos de investigação científica realizados pelos docentes e investigadores que lecionam no MF. Destes projetos resultam publicações científicas, e também novos produtos e processos tecnológicos, resultantes da aplicação de conhecimentos científicos à resolução de problemas, tendo por vezes, potencial para desenvolvimento económico. Os alunos do MF participam nestas atividades em projetos que realizam nos Centros de Investigação, na unidade curricular de da Dissertação e em estágios de verão.*

*Existe impacto económico indireto que resulta da formação de estudantes com elevada qualificação científica, que irão integrar ciclos de estudos de Doutoramento, onde poderão aplicar os seus conhecimentos em projetos de investigação, contribuindo para a valorização do conhecimento e o desenvolvimento económico. Mais tarde, frequentemente ingressam em empresas como profissionais qualificados.*

7.2.4. Real impact of scientific, technological and artistic activities on economic enhancement and development.

*The real impact of scientific and technological activities associated with MF mainly results from scientific research projects undertaken by faculty members and researchers, who teach in MF. These projects result in scientific publications, important for the creation and dissemination of scientific knowledge, as well as new products and technological processes, that sometimes have potential for economic development. The MF students only*

*participate in these activities is by engaging on projects that they can undertake in the research centers during the academic year, in particular for their Master thesis project or in summer courses.*

*There are an indirect economic impact resulting from the formation of students with high scientific qualifications, which will integrate PhD studies, where they can apply their knowledge in research projects, contributing to the enrichment of knowledge and to economic development. Later they often integrate companies as qualified professionals.*

#### 7.2.5. Integração das atividades científicas, tecnológicas e artísticas em projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais.

*Os professores e investigadores que lecionam na MF estão integrados em Centros de Investigação que participam em colaborações nacionais e internacionais. Existe um nível muito elevado de internacionalização nos projetos de investigação de que fazem parte os docentes e investigadores do DF. Estes envolvem desde acordos bilaterais com grupos de investigação de outras Universidades, nacionais e estrangeiras, incluindo grandes colaborações internacionais e participações em instalações internacionais de investigação. Os alunos do MF que participam nestas atividades de investigação estão naturalmente integrados em projetos de investigação e desenvolvimento nacionais e internacionais.*

#### 7.2.5. Integration of scientific, technological and artistic activities in national and international projects and/or partnerships.

*Teachers and researchers who taught in the MF are integrated into research centers participating in national and international collaborations. There is a very high level of internationalization in the research projects on which the MF teachers and researchers participate. These involve everything from bilateral agreements with research groups from other universities, national and foreign, to large international collaborations and the participation in international facilities. The students of the MF that participate in these projects are naturally integrated in national and international research and development projects.*

#### 7.2.6. Utilização da monitorização das atividades científicas, tecnológicas e artísticas para a sua melhoria.

*As unidades de investigação e desenvolvimento que integram docentes e investigadores que lecionam no MF são avaliadas regularmente pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e por comissões independentes internacionais. O resultado dessas avaliações leva a alterações na organização e modo de funcionamento das unidades de investigação, nomeadamente em alterações nos projectos de investigação ou até fusão ou eliminação dessas linhas de investigação. Os alunos do MF que participam em projetos nestas unidades podem, para além da experiência e contato com o mundo da investigação científica, receber cartas de recomendação para futuros projetos e/ou bolsas de investigação. Os projetos científicos considerados mais interessantes pelos alunos, irão ou captar outros alunos para os centros que os desenvolvem, ou captar alunos para programas de 3º ciclo. Esta competição pelos melhores alunos leva à proposta de projetos em áreas que melhor preencham os seus interesses e expectativas.*

#### 7.2.6. Use of scientific, technological and artistic activities' monitoring for its improvement.

*The Research and Development Units that integrate teachers and researchers who teach at the MF are regularly evaluated by the Foundation for Science and Technology (FCT) and by international independent commissions. The result of these evaluations leads to changes in the organization and operation of research units. These changes range from changes in the projects focus to the merger or elimination of lines of investigation. Students from the MF participating in projects in these units may, in addition to the experience and contact with the world of scientific research, receive letters of recommendation for future projects and/or research grants. The most interesting scientific projects, from the students' point of view, will attract more students to conduct their research in the centers that develop them, particularly students that will enrol in 3rd cycles. This competition for the best students leads to projects proposed in areas that best meet their interests and expectations.*

### 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 MF proporciona uma formação avançada de qualidade em Física, preparando os estudantes para prosseguirem estudos de 3º ciclo ou para ingresso na vida profissional ativa. A várias atividades de desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços à comunidade são realizadas por professores e investigadores que ensinam no MF, e por estudantes do 2º e 3º ciclos, sobretudo no âmbito de projetos dos centros de investigação. Dos trabalhos de investigação resulta um número elevado de publicações científicas, comunicações em conferências, desenvolvimento de dispositivos tecnológicos (por vezes consubstanciados em patentes) que contribuem para o desenvolvimento científico do país. O número de publicações científicas de docentes e investigadores do DF indexados no WoS excedeu o milhar nos últimos cinco anos, o que mostra a vitalidade do corpo docente do DF. Os*

**estudantes do MF participam nas atividades de investigação do DF, sobretudo através dos seus trabalhos de dissertação.**

**7.3.1. Activities of technological and artistic development, consultancy and advanced training in the main scientific area(s) of the study programme.**

***The MF provides high quality advanced training in Physics, preparing the students to proceed to PhD studies or to ingress in the labor market. The numerous activities of technological development, consultancy and advanced training from the staff involved in the MF (lecturers and researchers) are those performed at the research units, in research projects that engage also MSc and PhD students. This research work results in a large number of scientific publications, communications in conferences, development of new technological devices and applications that sometimes are registered in patents. The number of scientific publications from the staff of DF indexed in the WeS exceeded one thousand in the last 5 years, showing the vitality and productivity of the staff that is engaged in training at the MF. The students of MF also participate in the research activities at DF, mainly through their MSc thesis project.***

**7.3.2. Contributo real dessas atividades para o desenvolvimento nacional, regional e local, a cultura científica, e a ação cultural, desportiva e artística.**

***O MF contribui para o desenvolvimento nacional, regional e local, e para a cultura científica, através da atividade dos seus docentes e investigadores. O principal resultado é a formação de excelência dos seus formandos, que poderão integrar o mercado de trabalho em tarefas técnicas ou, mais frequentemente, prosseguir estudos de 3º ciclo e ingressar, por esta via, numa carreira de investigação ou académica. O MF contribui para o aumento da qualificação da mão-de-obra em áreas importantes para o desenvolvimento científico, tecnológico, e económico, do país e do mundo. Os estudantes, em colaboração com os professores e investigadores, também contribuem para as atividades de divulgação científica do DF, relevante para a atração de jovens para a ciência. Quer ao nível da produção científica, quer na dinamização da cultura científica, o DF tem reconhecidamente um impacto muito relevante, tal como mostram os indicadores bibliométricos oficiais da DEEC para a Física e Astronomia.***

**7.3.2. Real contribution for national, regional and local development, scientific culture, and cultural, sports and artistic activities.**

***The MF contributes to the national, regional and local development and to the scientific culture through the activities of its teaching and research staff. The main contribute is the high-quality training of the enrolled students that will latter integrate the labour market in high-profile technical jobs or, more often, engage in PhD studies and, as such, proceed into a research or academic career. The MF contributes the training of highly qualified personnel in areas relevant for the scientific, technological and economical development of Portugal and of the world. The students, in collaboration with teaching and research staff, also contribute to the science outreach activities of the DF, that are very important to attract young people to science. Both scientific productivity and engagement in outreach activities of the DF are widely recognised as being of high level, as shown e.g. by the bibliometric indicators provided by DEEC for the areas of Physics/Astronomy.***

**7.3.3. Adequação do conteúdo das informações divulgadas ao exterior sobre a Instituição, o ciclo de estudos e o ensino ministrado.**

***A UC mantém, atualizada, a sua página <http://www.uc.pt> a partir da qual se encontra informação detalhada da sobre a instituição, as suas unidades orgânicas e serviços. Em <http://apps.uc.pt/courses/pt/index>, pode obter-se informação sobre cada um dos cursos da UC e seu pla no de estudos. Em <http://www.uc.pt/candidatos> e <http://www.uc.pt/academicos>, é dada informação atualizada sobre candidaturas e gestão académica, respetivamente, procurando-se, cada vez mais, que um acesso virtual que facilite o contacto com os serviços académicos. Em <https://inforestudante.uc.pt> e <https://infordocente.uc.pt>, estudantes e docentes têm acesso a informação detalhada sobre aspetos fundamentais para o processo de ensino aprendizagem tais como sumários, material pedagógico, fóruns de discussão, avaliações, calend ário e horário escolares, avisos vários, avaliação da qualidade pedagógica. A página web do Dept. de Física ([www.fis.uc.pt](http://www.fis.uc.pt)) contém informação adicional relevante.***

**7.3.3. Suitability of the information made available about the institution, the study programme and the education given to students.**

***The University has a web site <http://www.uc.pt> where can be found detailed information about the institution, its organisational units (OU), and services. The information concerning each course and its study plan can be found in <http://apps.uc.pt/courses/pt/index>. Updated information on applications is possible in <http://www.uc.pt/candidatos> and the academic management is to be found in <http://www.uc.pt/academicos>. It is intended that a virtual access facilitates the contact with the academic services. In <https://inforestudante.uc.pt> and <https://infordocente.uc.pt>, students and teachers have access to detail information on aspects which are fundamental to the learning process, such as summaries, pedagogical material, discussion forums, evaluation, school schedules, numerous notifications and evaluation of the pedagogical quality. A small video and small notices in the University's page provide updates and alerts to the relevant information which the institution finds relevant.***

### 7.3.4. Nível de internacionalização

#### 7.3.4. Nível de internacionalização / Internationalisation level

	%
Percentagem de alunos estrangeiros matriculados na instituição / Percentage of foreign students	0
Percentagem de alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Percentage of students in international mobility programs (in)	6.25
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 academic staff (in)	20
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Percentage of academic staff (out)	10

## 8. Análise SWOT do ciclo de estudos

### 8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos

#### 8.1.1. Pontos fortes

*Os objectivos do curso estão bem especificados, são coerentes com a missão e estratégia da instituição e são bem conhecidos dos docentes e dos alunos. O curso tem um pequeno número de alunos, facilitando um contacto direto entre os docentes, discentes e a coordenação, permitindo rapidamente identificar rapidamente os problemas e operacionalizar as medidas para os solucionar. A recolha da informação procede-se muitas vezes de forma informal, no contacto diário professor-aluno, mas os alunos também são consultados formalmente sobre o curso e elegem os seus representantes para os órgãos competentes. O Departamento de Física da FCTUC possui Centros de Investigação de elevada qualidade que disponibilizam os seus recursos para os alunos de mestrado. Nalgumas áreas específicas, o DF possui laboratórios didáticos bem apetrechados, embora tenha de haver um investimento maior nesta componente. Há que relevar as boas condições oferecidas pelo departamento ao nível da computação e super-computação e o acesso a uma excelente biblioteca. Existem parcerias significativas com outras instituições nacionais e estrangeiras de ensino superior e I&D. Fruto destas parcerias, um número razoável de alunos de mestrado tem frequentada um ano (ou um semestre) em instituições de ensino/investigação no estrangeiro, nomeadamente em programas Erasmus. O DF possui um corpo docente altamente qualificado, constituído na totalidade por professores doutorados, quase todos em regime de tempo integral e com vínculo estável à instituição. Os resultados dos inquéritos aos estudantes relativamente à qualidade do corpo docente apresentam bons indicadores. Os alunos inscritos no curso são, em geral muito bons e interessados, com sólidas bases. Os estudantes reconhecem a qualidade do ensino ministrado e o curso tem prestígio na comunidade. As teses de Mestrado desenvolvidas pelos estudantes são de nível muito elevado. Nalguns casos estas teses foram realizadas em intercâmbio/mobilidade com institutos de investigação estrangeiros de referência. Há integração dos estudantes na investigação científica realizada nos centros de investigação do DF. Os inquéritos aos estudantes mostram valores acima da média em vários indicadores. A alteração recente do ciclo de estudos teve em conta as recomendações dos estudantes no sentido de flexibilizar a oferta opcional. Os estudantes terminam, em geral, o curso com boas médias, embora alguns demorem demasiado tempo a terminar a dissertação. As dissertações realizadas pelos estudantes são, em geral, de nível muito elevado. A empregabilidade do curso é, por enquanto, boa, não sendo indiferente a este facto o número de alunos que terminam anualmente o curso ser pequeno. A investigação científica realizada no DF pauta-se por padrões internacionais. Há um muito bom nível de publicações científicas dos docentes do curso, bem como de projetos científicos. Alguns docentes estrangeiros colaboram ativamente no curso, e o curso atrai alguns estudantes Erasmus.*

#### 8.1.1. Strengths

*The objectives of the course are well specified, they are coherent with the mission and strategy of the institution and are well known to both teachers and students. The MF course has a small number of students, which facilitates a direct contact between teacher, students and the MF coordination. Thus, any potential problem can be quickly identified and measures can be implemented equally fast to solve it. Data about the MF is often collected by informal daily contact between students and teachers, but the students are also consulted in a formal way through their representatives in the competent councils. The Physics Department of FCTUC hosts Research Centres of high quality in the specialised branches of the course that provide resources and contribute actively to the training of students. In specific areas DF also has, in addition to research laboratories, thematic didactic laboratories generally well equipped, but that may need further investment. One should stress the good hosting conditions offered by DF, namely with respect to access to computing and supercomputing facilities and also an excellent library. There are a large number of on-going collaborations with other national an international academic and research partners. As result of such collaboration, a reasonable number of MF students choose to spend a year (or a semester) abroad in one of such high-profile international academic or research partners, namely though Erasmus program. The DF staff is highly qualified, every teacher having at least a PhD degree and being fully committed to the institution, and most often with a stable position. The students satisfaction inquiries show good indicators with respect to the teaching staff. The students that enrol in MF are, in general, of high quality and with good academic background.*

*Students recognise the quality of the teaching and the MF course at UC is prestigious in the community. Also, the MSc thesis delivered are of very high quality. It is not uncommon that the thesis project is performed in collaboration with foreign research or academic partners through mobility programs. There is a good integration of the students within the research centres. The inquiries to the MF students show above average values of most indicators. The recent small change of the MF structure to enlarge the scope of optional curricular units, suggested by students, increased the attractiveness of the course. The students finish in general with good marks, but it is not uncommon that the students take a bit more than two years to finish. As for now, the employability of the MF degree is high, but the statistics are based on small numbers. The research produced at the DF is of high quality by international standards. There is a very good level of scientific productivity as gaged by e.g. the number of scientific publications of the DF staff as well as scientific projects. Foreign teachers collaborate in MF, and MF attracts also a few foreign (Erasmus) students.*

#### 8.1.2. Pontos fracos

*1 - Relativamente aos recursos materiais, há algumas fragilidades respeitantes às condições do edifício do Departamento de Física (por exemplo os alunos referem a falta de climatização das salas de aula), ou a ausência de alguns serviços (por exemplo de reprografia, que não existindo no Departamento de Física está disponível no Departamento de Química, contíguo a este). Os alunos também se queixam da falta de algum equipamento específico (ou da sua obsolescência) nalguns laboratórios didáticos, o que tem vindo a ser melhorado dentro das disponibilidades orçamentais. A representatividade estatística das respostas aos inquéritos é, por vezes, questionável dado o número reduzido de respostas aos inquéritos pedagógicos.*

*2 - O número de inscritos no curso continua a ser reduzido embora tenha vindo a aumentar nos últimos anos. O número de alunos provenientes do exterior é ainda muito escasso, constatando-se a fraca atractividade do curso para alunos exteriores à licenciatura em Física da UC. A oferta de cursos de mestrado em Física é bastante generosa, e a mobilidade dos alunos em Portugal na transição do 1º para o 2º ciclo é reduzida.*

*3 - A relativa "banda larga" do curso de Mestrado em Física da UC com um conjunto de unidades curriculares comuns aos três ramos de especialização (Física da Matéria Condensada, Física Nuclear e de Partículas, Modelação e Simulação Computacional), podem tornar o curso menos atrativo para alguns alunos que procuram um mestrado mais especializado. Nota-se, a este respeito, alguma concorrência de outros mestrados mais focados em sub-áreas da Física (Astrofísica, Nanomateriais, etc), de outras universidades. No entanto, este "defeito" pode ser também uma vantagem para um outro tipo de alunos, que procuram uma formação de base mais abrangente, com possibilidade de alteração fácil da área de especialização a meio do percurso, por ainda não estarem seguros da área de especialização em Física que pretendem seguir. A recente remodelação do curso, abrindo o leque das opções, minorou este ponto fraco do curso, sem lhe retirar a natureza de "banda larga".*

*4 - Há um notório envelhecimento do pessoal docente, resultante de ausência de novas contratações. É prioritário proceder a novas contratações de pessoal docente e, nestas contratações, deveria dar-se primazia a doutorados em áreas com capacidade de atração de novos alunos e que são pouco cultivadas no DF (por exemplo cosmologia, óptica quântica e condensados de Bose-Einstein, nanomateriais e nanotecnologias). Ao nível do pessoal não docente, há deficiências, reconhecidas no que concerne ao apoio laboratorial para as aulas práticas, uma vez que o Departamento apenas possui dois técnicos para apoio laboratorial e ambos acumulam esta tarefa com outras funções.*

#### 8.1.2. Weaknesses

*1- With respect to material resources, there are some weaknesses related to the building of the Physics Department (e.g. the students complain about the lack of heating/air conditioning in the classrooms) and the lack of a few services for students (e.g. a copying printing facility that does not exist in the Physics Department but does exist in the same building, located in the Chemistry Department). There are also complaints about the lack of specific equipment (or its obsolescence) in didactic laboratories, but the Direction of the Physics Department has been upgrading the didactic equipment as a priority within the budget restrictions. One should bear in mind, however, that these complaints are not numerous and, moreover, one should take into account the representativity of such surveys because of the small number of answers.*

*2- The number of students enrolled in the MF is small although in the last few years it has been increased compared to the past. Most of our students originate from the 1st cycle of Physics in Coimbra, those coming from external sources are a minority, thus a weak point of the MF is the weak attractiveness of the course to students outside the University of Coimbra. One should note, however, that there is a generous offer of Master courses in Physics in Portugal, and mobility of students between universities for students enrolling in the Master's degree is not large.*

*3- The relative "large band" of the UC Master's Degree in Physics that is designed with a set of common curricular units for the 3 specialisation branches (Condensed Matter Physics, Nuclear and Particle Physics, Computational Modelling and Simulation) may make the course less attractive for those students that are looking for a more focused, or narrow-band, MSc course. In fact, there is with this respect some competition from MSc courses in Physics from other universities that are focused in trendy sub-areas of Physics (Astrophysics, Nanomaterials). However this weakness or disadvantage may also be seen as a strong point or advantage for another sub-class of*

*students that are seeking for a more comprehensive course, that will enable them to postpone a specialisation to a latter stage. The recent curricular change of the MF that has widened the portfolio of options and reduced the number of compulsory curricular units, has certainly reduced this problem, without changing the "wide-band" characteristic of the course.*

*4- There is a notorious ageing of the teaching staff that results from the lack of opening of new positions in the last years. It should be a priority to hire new teaching staff and the new positions should be open in fields appealing to students (eg. Cosmology, Quantum Optics and Bose-Einstein condensates, Nanomaterials). Also, with respect to non-teaching staff, there is not enough personnel for support laboratory work, as the Physics Department has only two technicians for laboratory support and both accumulate other functions.*

### 8.1.3. Oportunidades

*O curso é de banda larga e fornece uma boa formação de base em Física, permitindo ao aluno seguir um doutoramento com um leque bastante amplo de escolhas, que os mestrados de banda mais estreita restringem. Os alunos reconhecem que a formação concedida pelo curso é muito sólida. O contacto directo docente/investigador e discente é mais fácil do que num curso numeroso, pelo que qualquer problema respeitante ao curso é transmitido rapidamente à coordenação e também esta tem feedback imediato sobre as medidas de resolução do problema. Os centros de investigação sediados no DF produzem investigação de grande qualidade internacional, estão bem equipados e colaboram ativamente no curso, nomeadamente disponibilizando os seus laboratórios para a realização de trabalhos práticos e pequenos trabalhos de investigação. Em particular, a colaboração ao nível da dissertação e seminários é uma mais valia preciosa, mas mais oportunidades podem ser exploradas. Também tem havido algum intercâmbio colaborativo envolvendo os estudantes do mestrado com outras instituições científicas nacionais e estrangeiras, tendo alguns estudantes participado em conferências e workshops de bom nível internacional, com apresentação de trabalhos. Há alguma tradição de realização de trabalhos de dissertação em colaboração com instituições de investigação estrangeiras de referência (foi o caso de dois alunos neste ano). O reapetrechamento do DF com a instalação de importantes plataformas analíticas é uma excelente oportunidade para os alunos deste mestrado realizarem trabalhos de investigação. A colaboração dos investigadores (programas ciência, em particular) no Mestrado em Física é uma oportunidade de um contacto mais directo dos estudantes com jovens investigadores, em início de carreira. Tem-se registado alguma procura do curso por parte de estudantes brasileiros e dos PALOP e há uma oportunidade de recrutamento de estudantes destes países. A reduzida oferta de bolsas para estes estudantes de Mestrado (quer oferecidas pelo Brasil quer por Portugal) limita, contudo, este canal de oportunidade. Outros programas para cursos de pós-graduação no estrangeiro atualmente promovidos pelo Brasil (Ciência sem Fronteiras, etc.) são também uma boa oportunidade de desenvolvimento do curso, embora o número de bolsas para estudantes de mestrado é muito reduzido.*

### 8.1.3. Opportunities

*The MF course is of wide-band and offers a solid background in Physics, enabling the students to latter enrol into a PhD program without limiting their choices, as happens with narrow-band MSc courses. The students recognise that the MF does provides a very solid background. The close and direct contact between teachers/researchers and students is easier than in a more numerous course, and any problem occurring in the MF is easily spotted and transmitted to the MF coordination that also has fast feedback on any measures to solve the problem. The research centres based at DF produce internationally recognised high-level research, are well equipped and collaborate actively in the MF course, namely by training in their laboratories students during laboratory work, and in small research projects. In particular, the collaboration given by these research units for the thesis projects and seminars is very important, and more opportunities exist here to be explored. There has also been some collaboration between the MF and other national and international research units involving MF students, that have presented their work in conferences and workshops of international level. There are further opportunities to develop along this line. There is also some tradition that students do part of their thesis work in collaboration with foreign reference academic or research institutions (it was the case of 2 students this year). The recent installation in the Physics Department of a large set of new state of the art equipment, in particular the new analytical platforms, is an excellent opportunity for the MF students developing their research projects. The collaboration between the researchers (in particular those of the Ciência program) in the MF is an opportunity for a close contact between students and young researchers that are beginning their career. There has been some demand of the MF course from brasilian and PALOP students, and there is an opportunity to attract more students from these countries. However, the reduced number of grants offered to these students (from both Portugal and Brasil) limits, in fact, this opportunity. Other programs currently in course for post-graduate studies in Brasil (Ciências sem Fronteiras) are also an opportunity, although the number of grants for MSc students is much reduced.*

### 8.1.4. Constrangimentos

*O constrangimento principal do curso não está nos objetivos do ciclo de estudos nem na estrutura curricular, mas antes noutros aspectos dos quais destacaria o reduzido número de alunos que limita um pouco a dinâmica do curso (por exemplo no que diz respeito a funcionamento de disciplinas de opção). O elevado número de cursos de Mestrado em Física no país, o número reduzido de alunos na licenciatura, e a reduzida população jovem na região centro onde existem dois cursos de Mestrado em Física (Coimbra e Aveiro). A não existência de bolsas de mestrado que possam ser oferecidas a estudantes com dificuldades económicas é um constrangimento no recrutamento. Alguns alunos mais carenciados têm procurado realizar o curso no regime de estudante trabalhador, mas com reduzido sucesso. Também a inexistência de oferta de bolsas para estudantes de Mestrado limita*

*fortemente a captação de estudantes para o curso no mercado internacional (vários estudantes brasileiros manifestaram interesse em frequentar o curso mas não chegaram a inscrever-se por falta de bolsa de estudo). É importante procurar aumentar o número de alunos, para melhorar a dinâmica do curso que é dependente, até certo ponto, da existência de uma "massa crítica" de alunos. Embora a relação docente/discente seja próxima, há o caso de alguns trabalhadores estudantes que raramente contactam a coordenação e os professores das unidades curriculares excepto nas épocas de avaliação, tipicamente trabalhadores estudantes. As dificuldades de investimento que se têm feito sentir na Universidade, faz com que o investimento no apetrechamento dos laboratórios didáticos nos últimos anos não tenha estado ao nível do desejável, embora esta falha tenha vindo a ser colmatada com recurso a equipamento de laboratórios de investigação. Ao nível do pessoal não docente, o DF conta apenas com dois técnicos de laboratório que dão apoio às infraestruturas de investigação e aos laboratórios didáticos. É prioritário haver novas contratações de docentes, mais jovens, já que na maioria das áreas o corpo docente está bastante envelhecido e outras universidades já iniciaram o processo de renovação dos seus quadros. Há estrangulamentos orçamentais que dificultam a resolução de alguns problemas estruturantes identificados pelos alunos (edifício, serviços, pessoal não docente).*

#### 8.1.4. Threats

*The main threat of the MF course is not related to the objectives or curriculum of the course, but rather on other aspects with emphasis to the reduced number of students that somehow limits the dynamics of the course (with respect, e.g., to the number of option units). The large number of Master of Physics course that exist in the country, the reduced number of students enrolling in 1st cycle in Physics, and the small young population in the central region of Portugal were two Master in Physics course exist (Coimbra and Aveiro) does not help with this respect. The absence of grants for Master courses to offer to students which have economic difficulties is a threat in the recruitment of students. The absence of grants also strongly limits the recruitment of students at the international level, mainly from Brasil and PALOP countries, where students often apply to MF but do not proceed because of the lack of grants. It is important to increase the number of students because the dynamics of the course depends, up to some point, of the existence of a "critical mass" of students. Even if the relation teacher/student is very close in the MF, there are a few students that rarely contact the coordination of the MF and their teachers, except during the evaluation periods. These cases are typical or working students. The budgetary restrictions that existed in the last couple of years had reduced the investment in equipment for didactic laboratories, a threat that has been circumvented by using equipment from the research laboratories. At the level of non-teaching staff, the reduced number of technicians is a threat that should be addressed. It is also a threat that other universities are recruiting young teaching staff and renewing their teaching staff, while UC is lagging behind on this important issue that should be addressed soon. There are budgetary threads that difficult solving the problems spotted by the students (building problems, services, technical staff).*

## 9. Proposta de ações de melhoria

### 9.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

#### 9.1.1. Ação de melhoria

*1 - Identificados os problemas mais prementes, interceder junto da direção do departamento e dos órgãos diretivos da FCTUC propondo ações concretas de melhoria das condições de trabalho dos alunos, com relevância para a necessidade de algum investimento em equipamento laboratorial didático e em meios informáticos para os alunos.*

*2 - Ações de divulgação do Mestrado em Física da UC junto de outras universidades portuguesas mas também nalguns universidades brasileiras e nos PALOP. Divulgação do curso nas redes sociais, em fóruns da internet e noutros meios de comunicação.*

*3 - Uma vez que o curso foi recentemente remodelado para permitir um maior leque de escolha nas unidades curriculares oferecidas aos alunos, este ponto fraco tende a ser minorado na nova oferta formativa. Este novo leque de opções deverá ser divulgado amplamente pelos alunos e monitorizado de molde a obter feedback para uma posterior atualização.*

*4 - Interceder junto dos órgãos diretivos (Departamento e Faculdade) procurando abertura para novas contratações de pessoal docente e técnico. A contratação de professores auxiliares com excelente currículo nos ramos da Física menos bem representados no departamento e que são muito atrativos para os alunos (Cosmologia, Teoria de Cordas, Nanotecnologias) seriam particularmente bem vindos, porque poderiam atrair novos alunos para o curso.*

#### 9.1.1. Improvement measure

*1 - Identified the most urgent problems, the MF coordination should address the Direction of the Physics Department and the Direction of FCTUC proposing concrete measure to improve the working conditions of the students, with relevant to the need of investment in some laboratory equipment and computers for students.*

*2- Implement actions to promote the MF course not only not only the 1st cycle students of other Portuguese*

*universities but also in Brazilian universities and in PALOP universities. Nem promotion materials (flyers, posters, etc.) should be carefully designed and produced. Actions should be implemented to promote the MF course in social networks, internet forums and other media.*

*3- As the MF course has been recently changed to widen the choice of optional curricular units, this weak point is expected to be minor as soon as the new plan is implemented. The new option menu should be continuously monitored in order to have feedback from the students for a future update of the optional offer.*

*4- The MF coordination should address the direction of the Physics Department and the direction of FCTUC urging them for the need to recruit new staff, both teachers and technicians). The recruitment of Auxiliary Professores with excellent curriculum for those branches of Physics that are less represented in the Physics Department but that are very attractive for students (such as Cosmology, String Theory, Quantum optics and Bose--Einstein Condensates, Nanomaterials and Nanotechnologies) will be particularly welcomed, because they will likely attract new students to the MF course.*

#### 9.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

- 1 - Prioridade Alta; Tempo de implementação de 12 Meses.*
- 2 - Prioridade Alta; Tempo de implementação de 12 Meses.*
- 3 - Prioridade Baixa; Tempo de implementação de 6 Meses.*
- 4 - Prioridade Alta; Tempo de implementação de 12 Meses.*

#### 9.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.

- 1 - Priority High; Implementation time: 12 Months.*
- 2 - Priority High; Implementation time: 12 Meses.*
- 3 - Priority Low; Implementation time: 6 Meses.*
- 4 - Priority High; Implementation time: 12 Meses.*

#### 9.1.3. Indicadores de implementação

- 1 - Investimento em equipamentos didáticos e informáticos para os alunos (número de laboratórios reequipados e valor do investimento).*
- 2 - Números de ações de divulgação e número de alunos que se candidatam e que se matriculam no curso. Número de novos materiais de divulgação produzidos.*
- 3 - Número de alunos que diversificam o seu processo formativo recorrendo às possibilidades abertas pelo plano de estudos recentemente reformulado.*
- 4 - Número de novas contratações de pessoal docente e não-docente (técnico).*

#### 9.1.3. Implementation indicators

- 1- Investment in didactic equipment and informatics equipment for students (quantified in the number of refurbished laboratories and in the value of the investment).*
- 2- Number of outreach and recruitment actions and the number of students that have applied and registered in the course. Number of new promotion materials developed.*
- 3- Number of students that have diversified their academic program by using the new possibilities of the curricular plan that has been recently reformulated.*
- 4- Number of new contracts of teaching and non-teaching (technicians) staff*

## 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:***FÍSICA***10.1.2.1. Study programme:***Physics***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:***FÍSICA***10.2.1. Study programme:***Physics***10.2.2. Grau:***Mestre***10.2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***10.2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***10.2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***<sem resposta>***10.2.4. Curricular year/semester/trimester:***<no answer>***10.2.5 Novo plano de estudos / New study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units (0 Items)	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
--	--	---------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------	-----------------------------------

*<sem resposta>*

### 10.3. Fichas curriculares dos docentes

---

#### Mapa XIII

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

*<sem resposta>*

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

*<sem resposta>*

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

*<sem resposta>*

10.3.4. Categoria:

*<sem resposta>*

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

*<sem resposta>*

10.3.6. Ficha curricular de docente:

*<sem resposta>*

### 10.4. Organização das Unidades Curriculares (apenas para as unidades curriculares novas)

---

#### Mapa XIV

10.4.1.1. Unidade curricular:

*<sem resposta>*

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

*<sem resposta>*

10.4.1.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

*<sem resposta>*

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

*<sem resposta>*

10.4.1.4. Learning outcomes of the curricular unit:

*<no answer>*

10.4.1.5. Conteúdos programáticos:

*<sem resposta>*

10.4.1.5. Syllabus:

*<no answer>*

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

*<sem resposta>*

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

*<no answer>*

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

*<sem resposta>*

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

*<no answer>*

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

*<sem resposta>*

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

*<no answer>*

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

*<sem resposta>*