

# NCE/19/1901067 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## 1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:  
*Universidade De Lisboa*

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

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):  
*Instituto Superior Técnico*

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

1.3. Designação do ciclo de estudos:  
*Engenharia Física Tecnológica*

1.3. Study programme:  
*Physics Engineering*

1.4. Grau:  
*Mestre*

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

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

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):  
*441*

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

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

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

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

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

**1.9. Número máximo de admissões:**

165

**1.10. Condições específicas de ingresso.**

*Serão admitidos como candidatos: i) os titulares de grau de licenciado ou equivalente legal, na área de Ciências e Tecnologia; ii) os titulares de 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, nas áreas referidas em i); ou iii) que demonstrem ser detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que ateste a sua capacidade para realização do Mestrado a que se candidatam.*

*A admissão e seriação será efetuada de acordo com as normas definidas no regulamento de admissão ao 2º ciclo do IST, tendo em atenção aspetos particulares sugeridos pela Comissão Científica do Mestrado que estará envolvida em todas as decisões que serão tomadas colegialmente.*

**1.10. Specific entry requirements.**

*Will be admitted as candidates: i) holders of a BSc degree or legal equivalent, in the area of Science and Technology; ii) holders of a foreign higher academic degree obtained following a 1st cycle of studies organized in accordance with the principles of the Bologna Process by a state adhering to this Process, in the areas referred to in i); or iii) holders of a scientific or professional curriculum, attesting to the their ability to carry out the MSc degree to which they apply.*

*Admission and ranking will be carried out in accordance with the rules defined in regulation for admission to the 2nd cycle of IST, taking into account particular aspects suggested by the Scientific Master Committee that will be involved in all decisions that will be taken collegially.*

**1.11. Regime de funcionamento.**

*Diurno*

**1.11.1. Se outro, especifique:**

*<sem resposta>*

**1.11.1. If other, specify:**

*<no answer>*

**1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:**

*IST - Alameda*

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

*IST - Alameda*

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

[1.13.\\_Desp n.º 6604-2018, 5 jul\\_RegCreditaçãoExpProfissional.pdf](#)

**1.14. Observações:**

*<sem resposta>*

**1.14. Observations:**

*<no answer>*

## 2. Formalização do Pedido

### Mapa I - Conselho Científico

---

**2.1.1. Órgão ouvido:**

*Conselho Científico*

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

[2.1.2.\\_Parecer\\_CC\\_MEFT.pdf](#)

## Mapa I - Conselho Pedagógico

---

### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Pedagógico*

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

[2.1.2.\\_Parecer\\_CP\\_MEFT.pdf](#)

## Mapa I - Conselho de Gestão

---

### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho de Gestão*

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

[2.1.2.\\_parecer\\_CG.pdf](#)

## Mapa I - Conselho de Escola

---

### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho de Escola*

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

[2.1.2.\\_parecer\\_CE.pdf](#)

## Mapa I - Reitor da Universidade de Lisboa

---

### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Reitor da Universidade de Lisboa*

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

[2.1.2.\\_DespReit n.º 123-2020 \\_ Cr \\_Mest\\_ Engª Física Tecnológica.pdf](#)

## Mapa I - Plano de Transição do Mestrado Integrado para o Mestrado

---

### 2.1.1. Órgão ouvido:

*Plano de Transição do Mestrado Integrado para o Mestrado*

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

[2.1.2.\\_MEFT\\_Plano\\_Transição.pdf](#)

## 3. Âmbito e objetivos do ciclo de estudos. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição

### 3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

*O Mestrado de Engenharia Física Tecnológica (MEFT) segue os padrões definido pelo CDIO Consortium, no que é esperado na formação de um engenheiro: “Graduating engineers should be able to conceive-design-implement-operate complex value-added engineering systems in a modern team based environment”.*

*Especificamente o MEFT visa:*

*a) Renovar gerações de investigadores e quadros universitários em áreas de investigação científica da física, engenharia e áreas afins.*

*b) Gerar capital humano com capacidade de apresentar soluções inovadoras, intervir para a resolução em problemas em vários sectores, nomeadamente, energia, ambiente, saúde e biomedicina, organização e visualização de informação, computação e simulação, produção industrial e finanças.*

*c) Fomentar o advento de líderes empreendedores e criadores de empresas, com grande adaptabilidade ao acelerado desenvolvimento tecnológico e científico, e preparar consultores/auditores para avaliar projetos ou situações de risco.*

### 3.1. The study programme’s generic objectives:

**The Master of Technological Physics Engineering (MEFT) follows the standards defined by the CDIO Consortium for the formation of an engineer: “Graduating engineers should be able to conceive-design -implement-operate complex value-added engineering systems in a modern team based environment”.**

**Specifically, the MEFT aims to:**

- a) Renew generations of researchers and university staff in areas of scientific research of physics, engineering and related fields.**
- b) Generate human capital with capacity to present innovative solutions, intervening to solve problems in various sectors, namely, energy, environment, health and biomedicine, organization and visualization of information, computing and simulation, industrial production and finance.**
- c) Encourage entrepreneurial leaders and company creators, with great adaptability to the accelerated technological and scientific development of the current world, and to prepare consultants / auditors to assess projects or risk situations.**

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

**Os desafios postos aos engenheiros físicos têm vindo a evoluir significativamente na última década. Assim para o MEFT contribuir para uma resposta eficaz a esta sociedade em mudança, na formação dos seus engenheiros, deve promover a criatividade, inovação e empreendedorismo, participando na criação de uma sociedade sustentável baseada na ética e valores humanistas.**

**Do engenheiro Físico é esperado:**

- a) Ter uma visão global dos problemas simples e/ou complexos, procurando entender as suas implicações interdisciplinares, e ser capaz de propor soluções inovadoras.**
- b) Ter conhecimentos especializados de ciência, engenharia e tecnologia, promover uma atitude profissional, rigorosa e responsável. Ser dotado de um espírito crítico e inovador, saber pensar de forma independente, adquirir hábitos de liderança e saber trabalhar em equipa.**
- c) Saber apresentar as suas conclusões e raciocínios aos seus pares, especialistas e não especialistas de forma rigorosa, estruturada e objetiva.**

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

**The challenges facing physical engineers have evolved significantly over the past decade. Thus, for MEFT to contribute to an effective response to this changing society, in the training of its engineers, it must promote creativity, innovation and entrepreneurship, participate in the creation of a sustainable society based on ethics and humanistic values.**

**The Physical engineer is expected to:**

- a) Have a global view of simple and / or complex problems, trying to understand their interdisciplinary implications, and being able to propose innovative solutions.**
- b) Have specialized knowledge of science, engineering and technology, promoting a professional, rigorous and responsible attitude. To be endowed with a critical and innovative spirit, to know how to think independently, to acquire leadership habits and to understand how to work as a team.**
- c) Know how to present their conclusions and reasoning to their peers, specialists and non-specialists in a rigorous, structured and objective way.**

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

**Nos termos do n.º 1 do Artigo 3.º dos Estatutos do IST, homologados pelo Despacho n.º 12255/2013 publicado em Diário da Republica de 25 de setembro de 2013, “É missão do IST, como instituição que se quer prospetiva no ensino universitário, assegurar a inovação constante e o progresso consistente da sociedade do conhecimento, da cultura, da ciência e da tecnologia, num quadro de valores humanistas.”**

**Nos termos do n.º 2 do mesmo artigo estabelece-se que, no cumprimento da sua missão, o IST: Privilegia a investigação científica, o ensino, com ênfase no ensino pós-graduado, e a formação ao longo da vida, assim como o desenvolvimento tecnológico; Promove sinergias entre os domínios científicos que abarca e entre eles e outros afins; Procura contribuir para a competitividade da economia nacional através da transferência de tecnologia, da inovação e da promoção do empreendedorismo; Efetiva a responsabilidade social, na prestação de serviços científicos e técnicos à comunidade e no apoio à inserção dos diplomados no mundo do trabalho e à sua formação permanente. O IST está envolvido ativamente em várias redes e programas internacionais que visam a mobilidade de estudantes, nomeadamente através de programas de graduação e pós-graduação.**

### **3.3. Insertion of the study programme in the institutional educational offer strategy, in light of the mission of the institution and its educational, scientific and cultural project:**

*Following paragraph 1 of Article 3 of the IST Statutes, ratified by Order No. 12255/2013 published in Diário da Republica of September 25, 2013: "It is IST's mission, as a university institution that wishes to promote a high-quality level of education, by ensuring constant innovation and consistent progress in the knowledge society, culture, science and technology, within a framework of humanistic values." Under the terms of paragraph n.º 2 of the same article, it is established that, in carrying out its mission, IST: Favours scientific research, teaching, with an emphasis on postgraduate education, and lifelong learning, as well as technological development; It promotes synergies between the scientific domains it encompasses and between them and others like them; It seeks to contribute to the competitiveness of the national economy through the transfer of technology, innovation and the promotion of entrepreneurship; Effective social responsibility, in the provision of scientific and technical services to the community and in supporting the insertion of graduates in the world of work and their permanent training. IST is actively involved in several international networks and programs aimed at student mobility, namely through undergraduate and graduate programs.*

## 4. Desenvolvimento curricular

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

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

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

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

#### Mapa II - NA

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

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

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

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Físicas e Tecnologias Básicas / Basic Physics and Technologies	FBas	3		
Astrofísica e Gravitação/Astrophysics and Gravitation	AstGrav			Oferta de 24 ECTS nesta AC
Física da Matéria Condensada e Nanotecnologias/ Condensed Matter Physics and Nanotechnologies	FMCNano			Oferta de 60 ECTS nesta AC
Física de Partículas e Física Nuclear/ Particle and Nuclear Physics	FPaFN			Oferta de 90 ECTS nesta AC
Física dos Plasmas, Lasers e Fusão Nuclear/Plasma Physics, Lasers and Nuclear Fusion	FPLFN			Oferta de 48 ECTS nesta AC
Física Interdisciplinar/Interdisciplinary Physics	FInter			Oferta de 36 ECTS nesta AC

Tecnologias Nucleares e Protecção Radiológica/Nuclear Technologies and Radiation Protection	TNPR			Oferta de 24 ECTS nesta AC
Opções-Todas as áreas científicas do IST/Options-All scientific areas of IST	OP			Oferta de 39 ECTS nesta AC
Todas as áreas científicas do IST/All scientific areas of IST	Diss	42		A Dissertação é desenvolvida em AC do IST em domínios relacionados com os objetivos do curso
-	-		75	75 ECTS em opções para obter Grau. UCs opção fixadas anualmente pelos Órgãos do IST
<b>(10 Items)</b>		<b>45</b>	<b>75</b>	

### 4.3 Plano de estudos

#### Mapa III - Opções A - 1º e 2º ano / 1º Semestre - 1st and 2nd Year 1st Semester

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

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

##### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular: 1º e 2º ano / 1º Semestre - 1st and 2nd Year 1st Semester

##### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Astrofísica/ Astrophysics	AstGrav	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Laboratório de Astrofísica / Astrophysics Laboratory	AstGrav	Semestral	168	T-14; TP-21; PL-7; TC-7	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Nanotecnologias e Nanoelectrónica/ Nanotechnologies and Nanoelectronics	FMCNano	Semestral	168	T-14; TP-28	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Física de Partículas / Particle Physics	FPaFN	Semestral	168	T-28; TP-14	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Física Nuclear/ Nuclear Physics	FPaFN	Semestral	168	T-28; TP-14; OT-7	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Física e Tecnologia dos Plasmas/ Plasma Physics and Technology	FPLFN	Semestral	168	T-14; TP-28	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Óptica e Lasers/Optics and Lasers	FPLFN	Semestral	168	T-14; TP-28	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Técnicas de Diagnóstico em Plasmas / Diagnostic Techniques in Plasmas	FPLFN	Semestral	168	T-14; PL-28	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Buracos Negros e Ondas Gravitacionais / Black Holes and Gravitational Waves	AstGrav	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Física e Tecnologia dos Materiais Magnéticos/Physics and Technology Magnetic Materials	FMCNano	Semestral	168	T-14; PL-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Microfluídica/Microfluidics	FMCNano	Semestral	168	T-14; PL-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Sistemas Quânticos de Muitos Corpos/ Many Body Quantum Systems	FMCNano	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Complementos de Electrónica / Complements of Electronics	FMCNano	Semestral	168	T-28; PL-17.5	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS

Teoria de Grupos em Física I / Group Theory in Physics I	FPaFN	Semestral	84	T-14; TP-7	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Laboratório de Detetores em Física de Altas Energias/ Laboratory of High Energy Physics Detectors	FPaFN	Semestral	84	PL-21	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Estágio em Tecnologias da Física Nuclear, Partículas Ou Radiação/ Internship in Nuclear, Particle Physics Or Radiation Physics Technologies	FPaFN	Semestral	84	E-21	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas I / Topics in Particle Physics and Astroparticles I	FPaFN	Semestral	168	T-28; TP-14	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Multi-Mensageiros de Astropartículas/Multi-Messengers in Astroparticle	FPaFN	Semestral	84	T-14; TP-7	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Física dos Plasmas Avançada/ Advanced Plasma Physics	FPLFN	Semestral	168	T-14;TP-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Tecnologias a Plasma para o Processamento de Materiais/ Plasmas Technology for Material Processing	FPLFN	Semestral	168	T-14;TP-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Diagnósticos com Feixes de Partículas /Particle Beam Diagnostics	FPLFN	Semestral	84	T-7;PL-14	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Plasmas de Baixa Temperatura/Low Temperature Plasmas	FPLFN	Semestral	84	T-7;PL-14	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Fusão Nuclear / Nuclear Fusion	FPLFN	Semestral	84	T-7;PL-14	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Energia Solar Térmica/ Solar Thermal Energy	FInter	Semestral	168	T-42; OT-7	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Energia Solar Fotovoltaica/ Photovoltaic Solar Energy	FInter	Semestral	168	T-42; OT-7	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Sistemas Dinâmicos / Dynamical Systems	FInter	Semestral	168	T-14; TP-35	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Biofísica Computacional / Computational Biophysics	FInter	Semestral	168	T-14; TP-35	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Biofísica/Biophysics	TNPR	Semestral	168	T-56	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Dosimetria e Blindagem das Radiações/ Radiation Dosimetry and Shielding	TNPR	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Física dos Reactores Nucleares / Physics Nuclear Reactors	TNPR	Semestral	168	T-28; TP-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Energia Nuclear / Nuclear Energy	TNPR	Semestral	168	T-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Opções Livres I / Free Options I	OP	Semestral	840	n.a.	30	Conjunto de UCs (no máximo com 30ECTS) do 1º ano 1º semestre;Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Opções Livres II / Free Options II	OP	Semestral	504	n.a.	18	Conjunto de UCs (no máximo com 18ECTS) do 2º ano 1º semestre;Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Atividades Extracurriculares I/ Extracurricular Activities I	OL	Semestral	84	0	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS.Podem ser creditados ate 6ECTS em AEC
Atividades Extracurriculares II/ Extracurricular Activities II	OL	Semestral	84	0	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS.Podem ser creditados ate 6ECTS em AEC

**(35 Items)****Mapa III - Opções B - 1º ano / 2º Semestre - 1st Year 2nd Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Opções B****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):**

**Options B****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º ano / 2º Semestre - 1st Year 2nd Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

<b>Unidade Curricular / Curricular Unit</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 e Cosmologia / Relativity and Cosmology	AstGrav	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Técnicas de Micro e Nanofabricação/ Micro and Nanofabrication Techniques	FMCNano	Semestral	168	PL-35; T-14	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Física da Matéria Condensada/ Condensed Matter Physics	FMCNano	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Tecnologias Nucleares e da Física de Partículas / Nuclear and Particle Physics Technologies	FPaFN	Semestral	168	T-14; TP-21	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Teoria Quântica dos Campos/ Quantum Fields Theory	FPaFN	Semestral	168	T-28; TP-14	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Tecnologias Energéticas / Energy Technologies	FInter	Semestral	168	T-42; OT-7	6	Opcional 1 – Escolher pelo menos 36 ECTS
Servicos de Energia / Energy Services	FInter	Semestral	168	T-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Física e Tecnologia dos Semicondutores / Physics and Technology of Semiconductors	FMCNano	Semestral	168	PL-21; TP-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Fluidos Complexos e RMN / Complex Fluids and Nmr	FMCNano	Semestral	168	T-21; PL-14	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Transições de Fase e Fenómenos Críticos/ Phase Transitions and Critical Phenomena	FMCNano	Semestral	84	T-14; TP -10.5	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Estrutura Eletrónica dos Sólidos / Electronic Structure of Solids	FMCNano	Semestral	84	TP-24.5	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Modelo Standard/ Standard Model	FPaFN	Semestral	168	T-28;TP-14	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Renormalização/ Renormalization	FPaFN	Semestral	84	T-14;TP-7	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Métodos Experimentais em Física de Partículas/ Experimental Methods in Particle Physics	FPaFN	Semestral	168	TP-14;PL-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Métodos de Análise e Simulação em Física de Altas Energias / Simulation and Analysis Methods in High Energy Physics	FPaFN	Semestral	84	TP-14;PL-7	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Física da Radiação/ Radiation Physics	FPaFN	Semestral	168	T-28; PL-21	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
QCD e Física Hadrónica/ Qcd and Hadron Physics	FPaFN	Semestral	168	T-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas II/ Topics in Particle Physics and Astroparticles II	FPaFN	Semestral	168	T-28;TP-14	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Teoria de Grupos em Física II/Group Theory in Physics II	FPaFN	Semestral	84	T-14;TP-7	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Laboratório de Instrumentação e Aquisição de dados / Laboratory of Instrumentation and Data Acquisition	FPaFN	Semestral	168	OT-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Laboratório de Raios Cósmicos / Cosmic Rays Laboratory	FPaFN	Semestral	168	PL-42	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Reactores de Fusão Nuclear/ Nuclear Fusion Reactors	FPLFN	Semestral	84	T-7; TP-14	3	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS

Tópicos Avançados em Física Computacional / Advanced Topics in Computational Physics	FPLFN	Semestral	168	T-14; TP-28	6	Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS
Opções Livres III / Free Options III	OP	Semestral	756	n.a.	27	Conjunto de UCs (no máximo com 27ECTS) do 1º ano 2º semestre; Opcional 2 – Escolher pelo menos 39 ECTS

**(24 Items)****Mapa III - Tronco Comum - 1º Ano 1º Semestre / 1st Year 1st Semester**

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

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

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*1º Ano 1º Semestre / 1st Year 1st Semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opções / Options	OP	Semestral	840	-	30	Escolher 30 ECTS de UCs da lista de Opções A

**(1 Item)****Mapa III - Tronco Comum - 1º Ano 2º Semestre / 1st Year 2nd Semester**

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

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

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
*1º Ano 2º Semestre / 1st Year 2nd Semester*

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Colóquio/ Colloquium	FBas	Semestral	84	T21;TP2.8	3	
Opções / Options	OP	Semestral	756	-	27	Escolher 27 ECTS de UCs da lista de Opções B

**(2 Items)****Mapa III - Tronco Comum - 2º Ano 1º Semestre / 2nd Year 1st Semester**

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

**4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Core Training****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano 1º Semestre / 2nd Year 1st Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Projeto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Física Tecnológica/2nd Cycle Integrated Project in Engineering Physics	Diss	Semestral	336	OT28	12	
Opções / Options (2 Items)	OP	Semestral	504	-	18	Escolher 18 ECTS de UCs da lista de Opções A

**Mapa III - Tronco Comum - 2º Ano 2º Semestre / 2nd Year 2nd Semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Tronco Comum****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Core Training****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****2º Ano 2º Semestre / 2nd Year 2nd Semester****4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Dissertação de Mestrado em Engenharia Física Tecnológica/Master Dissertation in Engineering Physics (1 Item)	Diss	Semestral	840	OT28	30	

**4.4. Unidades Curriculares****Mapa IV - Teoria de Grupos em Física II****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:****Teoria de Grupos em Física II****4.4.1.1. Title of curricular unit:****Group Theory in Physics II****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:****FPAFN****4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****(21.0) T-14;TP-7****4.4.1.6. ECTS:****3.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist31890, Ivo de Medeiros Varzielas, 21h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****Familiarizar os alunos com ferramentas de teoria de grupos necessárias em Física Moderna, focando em grupos contínuos.****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****Familiarizing students with group theoretical tools required in Modern Physics, with a focus on continuous groups.****4.4.5. Conteúdos programáticos:****I. Introdução.****II.  $SU(2)$  e  $SU(3)$ .****III. Classificação de Álgebras de Lie.****IV. Branching rules e Embeddings.****4.4.5. Syllabus:****I. Introduction.****II.  $SU(2)$  and  $SU(3)$ .****III. Classification of Lie Algebras.****IV. Branching Rules and Embeddings.****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:****Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.****4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):****100% Exame****4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):****100% Exam**

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Group Theory: A Physicist's Survey, Pierre Ramond, #, Cambridge University Press*

#### Mapa IV - Teoria Quântica dos Campos

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Teoria Quântica dos Campos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Quantum Fields Theory*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(42.0) T-28; TP-14*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**  
*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**  
*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
*ist90706, João Paulo Ferreira da Silva, 42h*

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

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Aprender as técnicas necessárias para cálculos em Teoria Quântica de Campos. No final deste curso, os alunos deverão conseguir, para um dado processo, desenhar os diagramas de Feynman e calcular as respectivas secções eficazes de difusão (em ordem mais baixa).*

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*Learning the tools for doing calculations in Quantum Field Theory. In the end, the student should know, for a given*

*process, how to draw the relevant Feynman diagrams and to evaluate the corresponding cross sections (in lowest order).*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*I. Mecânica Quântica Relativista. Equações de Klein Gordon e Dirac. Covariância da equação de Dirac. Simetrias discretas. Soluções de partícula livre. Acoplamento electromagnético e limite não-relativista. Soluções de energia negativa e antipartículas. Partículas de spin 1/2 sem massa. Teoremas sobre traços de matrizes de Dirac. II. Regras de Feynman para QED e QED escalar. "Interaction picture". Expansão de Dyson e matriz S. Teorema de Wick. III Exemplos simples em QED. Secção eficaz de difusão de Compton de electrões e positrões. Aniquilação electrão-positrão em QED. Bremsstrahlung. Difusão de Compton. IV. Outros exemplos simples. Largura de Z0. Aniquilação electrão-positrão no Modelo Standard. Decaimento do muão.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*I. Relativistic Quantum Mechanics. Equations of Klein Gordon and Dirac. Covariance of Dirac equation. Discrete symmetries. Free particle solutions. Electromagnetic coupling and non relativistic limit. Negative energy solutions and antiparticles. Spin 1/2 massless particles. Theorems on traces of Dirac matrices. II. Feynman Rules for QED and scalar QED. Interaction picture. Dyson expansion for the S-matrix. Wick's Theorem. III Simple examples in QED. Cross section for Compton scattering of electrons and positrons. Electron-positron annihilation in QED. Bremsstrahlung. Compton scattering. IV. Other simple examples. Z0 decay width into fermions. Electron-positron annihilation in the Standard Model. Muon decay.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% - 100% Avaliação contínua por 2 minitests (a realizar durante aulas TP) ou 0% - 100% Exame [Havendo recursos de assistentes de docência adequados, o docente poderá decidir alterar os testes para fichas e/ou séries de problemas.]*

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

*50% - 100% grading during the semester with 2 minitests (during the TP classes) or 0% - 100% Exam [Provided there are adequate teaching assistant resources, the lecturer may opt to substitute tests for problem series.]*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos teórico-práticos permite o confronto com problemas reais.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Level of An Introduction to Quantum Field Theory, M.E. Peskin and D.V. Schroeder, 1995, Westview*

### Mapa IV - Renormalização

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Renormalização*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Renormalization*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****FPaFN*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****84.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****(21.0) T-14;TP-7*****4.4.1.6. ECTS:*****3.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****ist24594, José Guilherme Teixeira de Almeida Milhano, 21h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Aprender as técnicas necessárias para cálculos de renormalização em Teoria Quântica de Campos. No final deste curso, os alunos deverão saber renormalizar QED e outras teorias simples.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Learning the tools for doing calculations of renormalization in Quantum Field Theory. In the end, the student should know how to renormalize QED and simple theories.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I. Regularização. Regularização dimensional. Rotação de Wick. Parâmetros de Feynman. Redefinição do momento. II. Renormalização em QED. Auto-energias dos fóton e electrão. Renormalização do vértice. Contratermos. III. Outras teorias simples. Contagem de potências e teorias renormalizáveis. IV. Grupo de renormalização.*****4.4.5. Syllabus:*****I. Regularization. Dimensional regularization. Wick rotation. Feynman parameterization. Momentum shift. II. Renormalization in QED. Photon and electron self-energies. Vertex renormalization. Counterterms. III. Other simple theories. Power counting and renormalizable theories. IV. Renormalization group.*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:*****Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning***

*outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50% - 100% Avaliação contínua por 2 minitests (a realizar durante aulas TP) ou 0% - 100% Exame*

*[Havendo recursos de assistentes de docência adequados, o docente poderá decidir alterar os testes para fichas e/ou séries de problemas.]*

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

*50% - 100% grading during the semester with 2 minitests (during the TP classes) or 0% - 100% Exam*

*[Provided there are adequate teaching assistant resources, the lecturer may opt to substitute tests for problem series.]*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos . Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical concepts, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Quantum Field Theory and the Standard Model, M.D. Schwartz, 2013, Cambridge Univ. Press*

**Mapa IV - Biofísica Computacional**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Biofísica Computacional*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Computational Biophysics*

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

*FInter*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-14; TP-35*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12028, Rui Manuel Agostinho Dilão, 49h*

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

<sem resposta>

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

*O objectivo deste curso é introduzir as várias técnicas de modelação física e matemática aos sistemas da biologia e da biofísica. São abordados os modelos baseados na lei da acção das massas e a equação mestre. Estudam-se os processos de crescimentos populacional, epidemiologia e as cadeias tróficas. Analisam-se problemas de regulação genética, análise de cadeias de DNA, morfogénese, de formação de padrões e os modelos básicos de funcionamento dos neurónios e das redes neuronais. Estudam-se técnicas de calibração de modelos através de técnicas de data mining. O curso tem uma forte componente computacional (C, Mathematica e Python).*

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

*The aim of this course is to introduce the various techniques of physical and mathematical modeling to the systems of biology and biophysics. Models based on the law of mass action and the master equation are addressed. The processes of population growth, epidemiology and trophic chains are studied. Problems of genetic regulation, DNA chain analysis, morphogenesis, pattern formation, and the basic models of neuronal and neural network functioning will be analyzed. Model calibration techniques are studied through data mining techniques. The course has a strong computational component (C, Mathematica and Python).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 Introdução. Genes, organização biológica, DNA, RNA e proteínas.*

*2. Chemical kinetics*

*2.1 As equações da cinética química e celular e a análise dinâmica das equações.*

*2.2 As equações de reacção-difusão e a equação mestre.*

*3 Modelos de crescimento*

*3.1 The logistic equation para o crescimento bacteriano, interacção entre espécies, modelos SIR e SEIR da epidemiologia.*

*3.2 Modelos de Leslie e McKendrick para populações humanas.*

*4 Dinâmica de proteínas, enzimas, genes, DNA e RNA. Sequenciação e análise de DNA.*

*Regulação genética. Modelos de compartimentos. O modelo enzimático de Michaelis-Menten.*

*5 Morfogénese. Hipótese de Turing.*

*6 Neurónios, redes neuronais e modelos de propagação de sinais eléctricos. McCullough-Pitts e Hodgkin-Huxley.*

*7 Técnicas de regressão esparsa para calibração de modelos físicos e biológicos.*

*8 Teoria de jogs.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Introduction. Genes, biological organization, DNA, RNA and proteins.*

*2. Chemical kinetics*

*2.1 The equations of chemical and cellular kinetics and the dynamic analysis of the equations.*

*2.2 The reaction-diffusion equations and the master equation.*

*3 Growth Models*

*3.1 The logistic equation for bacterial growth, species interaction, SIR and SEIR models of epidemiology.*

*3.2 Leslie and McKendrick models for human populations.*

*4 Dynamics of proteins, enzymes, genes, DNA and RNA. DNA sequencing and analysis.*

*Genetic regulation. Compartment models. The Michaelis-Menten Enzyme Model.*

*5 Morphogenesis. Turing hypothesis.*

*6 Neurons, neural networks and electrical signal propagation models. McCullough-Pitts and Hodgkin-Huxley.*

*7 Sparse regression techniques for calibration of physical and biological models.*

*8 Game Theory.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Resolução de séries de problemas e aplicações computacionais ao longo do semestre (50%), teste (25%), exposição*

*oral (25%).*

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

*Resolution of series of problems during the semester (50%), one test (25%) and an oral exposition (25%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Physical Biology of the cell, 2nd ed, R. Phillips, J. et al, 2013, Garland; The molecular Biology of the Cell, 4th Edition, B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter, 2002, New York; Introduction to biomedical engineering, 3rd edition, Enderle, J. e Bronzino, J., 2012, #; Modeling and simulations in medicine and the life sciences, Hoppensteadt, F. C. e Peskin, C. S., 2002, Springer, New York; Mathematical physiology, Keener, J. e Sneyd, J., 1988, Springer; Intermittency in the Hodgkin-Huxley model, Journal of Computational Neuroscience, 43 (2017) 115-125, Cano, G. e Dilão, R., 2017, doi: 10.1007/s10827-017-0653-9; Mathematical Models in Population Dynamics and Ecology. In J. C. Misra (ed.), "Biomathematics: Modelling and Simulation", chapter 15, pages 399-449, R. Dilão, 2006, World Scientific. ISBN: 981-238-110-4.; From Charles Darwin to evolutionary genetic algorithms, R. Dilão, 2009, Memórias da Academia das Ciências de Lisboa*

**Mapa IV - Física da Matéria Condensada**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física da Matéria Condensada*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Condensed Matter Physics*

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

*FMCNano*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-28;TP-21*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist148178, Pedro José Gonçalves Ribeiro, 49h*

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

*<sem resposta>*

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

*Compreensão de fases da matéria e fenómenos em que as interações entre electrões, e entre electrões e vibrações da rede cristalina são importantes e conduzem, em particular, a fenómenos colectivos emergentes como magnetismo e supercondutividade.*

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

*Understanding of phases of matter and phenomena in which interactions between the electrons, and between the electrons and lattice vibrations are important and lead, in particular, to emergent collective phenomena such as magnetism and superconductivity.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Electromagnetismo em Física do Estado Sólido**

**1.1 Função de Lindhard**

**1.2 Screening**

**1.3 Plasmões transversais e longitudinais**

**1.4 Polaritões and polarões**

**1.5 Causalidade e funções de correlação**

**1.6 Processos ópticos**

**2. Líquidos de Fermi e Bose**

**2.1 Revisões de segunda quantização.**

**2.2 Líquido de Bose: regime de interações fracas. Superfluidez.**

**2.3 Líquido de Fermi liquid: Introdução à teoria do Líquido de Fermi de Landau**

**2.4 Aproximações de Hartree-Fock e de campo médio**

**3. Sistemas Magnéticos Ordenados**

**3.1 Origem do Magnetismo**

**3.2 Ferromagnetismo em isolantes**

**3.3 Ferrimagnetismo and anti-ferromagnetismo em isolantes**

**3.4 Magnetismo isolantes.**

**4. Superconductividade**

**4.1 Phenomenologia**

**4.2 Instabilidade de pares de Cooper**

**4.3 Teoria de BCS.**

**4.4 Efeito de Josephson**

**4.5 Quantização do Fluxo Magnético**

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Electromagnetism and Solid State Physics**

**1.1 Lindhard function**

**1.2 Screening**

**1.3 Transverse and longitudinal modes Plasmons**

**1.4 Polaritons and polarons**

**1.5 Causality and correlation functions**

**1.6 Optical processes**

**2. Fermi and Bose liquids**

**2.1 Review of second quantization.**

**2.2 Bose liquid: weak coupling approach. Superfluidity.**

**2.3 Fermi liquid: introduction to Landau Fermi liquid theory.**

**2.4 Hartree-Fock approximation and mean-field approximation.**

**3. Magnetic ordered systems**

**3.1 Origin of magnetism**

**3.2 Ferromagnetism in insulators**

**3.3 Ferrimagnetism and anti-ferromagnetism in insulators**

**4. Itinerant magnetism.**

**4. Superconductivity**

- 4.1 Phenomenology.**
- 4.2 Instability and Cooper pairs. 4.3 BCS theory.**
- 4.4 Josephson effect.**
- 4.5 Magnetic flux quantization.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*50%: exame final.*  
*30%: avaliação contínua através de projectos em grupo e apresentações em aula.*  
*20% avaliação contínua através da resolução de séries de exercícios (em aula e/ou como trabalho de casa).*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*50%: final exam*  
*30%: continuous assessment via group project resolution and presentation in class.*  
*20% continuous assessment via resolution of series of exercise (in class and/or homework).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, Charles Kittel, 2005, John Wiley & Sons; Quantum Theory of Solids, 2nd Edition, Charles Kittel, 1987, John Wiley & Sons; Introduction to Solid State Theory, 2nd Edition, O. Madelung, 1981, Springer-Verlag; Principles of the Theory of Solids, 2nd Edition, J.M. Ziman, 1972, Cambridge University Press*

#### **Mapa IV - Microfluidica**

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

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

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) T-14; PL-28*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist32734, Vania Silverio, 29h*

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

*ist14366, Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas, 13h*

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

*Identificar os princípios químicos e físicos básicos em microfluidica e reconhecer os materiais e componentes usados na construção de sistemas microfluidicos para aplicações tecnológicas relevantes. Fornecer aos alunos as metodologias para dimensionamento de sistemas microfluidicos nas aulas práticas, usando software comercial. Realizar um dispositivo microfluidico utilizando as tecnologias de microfabricação estudadas*

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

*Identify the basic chemical and physical principles of microfluids and recognize the materials and components used in building microfluidic systems for relevant technological applications. Provide students with methodologies for scaling microfluidics systems in hands-on classes using commercial software. Manufacture a microfluidic device using the microfabrication technologies studied.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Conceitos de movimento à micro-escala: Micro/nanofluidica. Transferência de calor e massa.*
- 2. Propriedades físicas e químicas em microcanais, membranas e meios porosos. Escoamentocapilar*
- 3. Propriedades de materiais para microfluidica. Normalização*
- 4. Revisão de técnicas de microfabricação paramicrofluidica*
- 5. Manipulação de partículas:técnicas ópticas, magnéticas, elétricas, etc.*
- 6. Módulos e componentes para microfluidica: separação, mistura, microrreatores, etc*
- 7. Instrumentação microfluidica: microválvulas, microbombas, etc*
- 8. Caracterização e técnicas de metrologia. Laboratórios integrados em chip.*
- 9. Projeto de aplicação de engenharia: tecnologia alimentar, biomédica,  $\mu$ TAs, BioMEMS, citometria, eletrónica flexível/mole*
- 10. Nanofluidos e aplicações: administração de medicamentos, nano-gotas, microfluidica para eletrónica flexível/mole*
- 11. Métodos numéricos para resolução de modelos*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Concepts of micro-scale flow: Micro and nanofluidics. Heat and mass transfer.*
- 2. Physical and chemical properties in microchannels, membranes and porous media. Capillary flow.*
- 3. Properties of materials for microfluidics. Standardization.*
- 4. Review of microfabrication techniques for microfluidics*
- 5. Particle manipulation: optics, magnetics, electrical techniques, etc.*
- 6. Modules and components for microfluidics*
- 7. Microfluidics instrumentation: microvalves, micropumps, etc*
- 8. Microfluidics-based characterization and metrology techniques. On-chip labs.*
- 9. Engineering application design: food technology, biomedical, total analysis systems ( $\mu$ TAS), microelectromechanical systems for biology (BioMEMS), cytometry, microfluidics for soft electronics*
- 10. Nanofluids and applications: drug delivery, nano-drops, microfluidics for soft electronics*
- 11. Numerical methods for microfluidics models resolution (commercial software for fluid dynamics).*

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

**Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos da conceção estrutural e aplicações teórico-práticas da matéria lecionada e permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como profissional de Engenharia capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos para a resolução de exercícios de aplicação e do projecto proposto.**

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

***The syllabus contents cover the main topics of structural design and theoretical-practical applications of the subject taught and allow the student to review and deepen background knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his activity as an Engineering professional, further qualifying him/her for other learning, through autonomous search. Theoretical bases, essential concepts and application examples are provided, and students are asked to study the contents for solving application exercises and the proposed project.***

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

***As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ). Séries de problemas (40%). Projecto relacionado com uma aplicação tecnológica baseada em microfluidica(30%). Apresentação e discussão pública por cada grupo de 3-4 alunos (30%)***

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

***The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams ( $\leq 50\%$ ). Homework problems (40%). Project related with a technological application based on microfluidics (30%). Public seminar presentation and discussion by each group of 3-4 students (30%)***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Principal:***

***-Fundamentals and Applications of Microfluidics, 3rd Edition (Integrated Microsystems Series) : Nam-Trung Nguyen, Steven T. Wereley, Seyed Ali Mousavi Shaegh, 2019. Artech House Publishers, ISBN: 9781630813659***

***Secundária:***

***-Lab on a Chip Technology: Fabrication and microfluidics, Volume 1,Eds. K. E. Herold: Avraham Rasooly, Avraham Rasooly, 2009. Horizon Scientific Press. ISBN= 1904455468, 9781904455462***

***-Nanoelectronics and Information Technology:Advanced Electronic Materials and Novel Devices, 3rd Edition: Rainer Waser (Ed), 2012. Wiley-VCH, ISBN: 978-3-527-40927-3***

***-Introduction to Microfluidics: Patrick Tabeling, 2005. Oxford University Press, ISBN: 9780198568643***

**Mapa IV - Laboratório de Raios Cósmicos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Laboratório de Raios Cósmicos***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Cosmic Rays Laboratory***

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

**FPaFN**

**4.4.1.3. Duração:**  
**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**(42.0) PL-42**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6.0**

**4.4.1.7. Observações:**  
**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**  
**<no answer>**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
**ist13092, Fernando Jose de Carvalho Barão, 42h**

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

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
**Desenvolver a capacidade de compreensão e resolução de problemas na área da física dos raios cósmicos e da física experimental de partículas. Pretende-se familiarizar os alunos com as técnicas de deteção de partículas e resolução computacional de problemas correntes em física de partículas e astropartículas.**

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
**Provide and develop the ability for understanding and solving current problems in Experimental High Energy Physics and Cosmic Ray Physics. During the course, experimental techniques will be explored to detect cosmic rays.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**  
**Radiação Cósmica; Produção e Propagação; Campo magnético terrestre; Cascatas atmosféricas; Deteção de Raios Cósmicos (Espectrómetros, Fluorescência, Cerenkov, Multiplicidade); Experiências de deteção; Fluxos de raios cósmicos; Matéria escura e antimatéria**  
**Interação das partículas com a matéria; Secção eficaz; Comprimento de interação; Mecanismos de interação; Perda energia e multiple scattering; Radiação de Cerenkov**  
**Princípios de deteção de partículas; Deteção de fotões; Cintilação; Medida do Momento Linear: Detectores de traços; Medida da energia: Calorímetros; Medida da velocidade: Detectores de radiação de Cerenkov, TOF e TRD; Aceitação geométrica**  
**Métodos estatísticos; Distribuições de Probabilidade e Intervalos de Confiança; Erros estatísticos e sistemáticos; Propagação de Erros; Estimação de parâmetros; Método de Máxima Verosimilhança e dos Mínimos Quadrados; Teste de Hipóteses**  
**Monte-carlo e Técnicas de simulação. Simulação de interações. Simulação de experiências.**

**4.4.5. Syllabus:**  
**Cosmic radiation: production and propagation; earth magnetic field; atmospheric showers; detection of cosmic rays (spectrometers, multiplicity, fluorescence, cerenkov); experiments; cosmic ray fluxes; darkmatter and antimatter**  
**Interaction of particles with matter: cross-section and interaction length; interaction mechanisms; energy loss and multiple scattering; Cerenkov radiation**  
**Particles detection principles: photon detection; scintillation; momentum measurement;; tracking detectors; energy measurement: calorimeters; velocity measurement; cerenkov detectors; TOF and TRD; geometrical acceptance**  
**Statistical methods: probability distributions; errors and their propagation; parameter estimation: chi square and likelihood methods**  
**Monte-carlo and simulation techniques: ROOT as a tool for simulating detectors; simulation of particle interactions**  
**Analysis and Data Acquisition: NIM and CAMAC electronics; signal Processing and digitization; signal coincidences: triggering; data analysis: ROOT.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Trabalho laboratorial com artigo e apresentação oral.*

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

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Cosmic Rays and Particle Physics, T. Gaisser , 1991, Cambridge Univ. Press;*  
*Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, W. R. Leo , 1994, Springer-Verlag;*  
*Statistics for Nuclear and Particle Physicists, L. Lyons , 1989, Cambridge Univ. Press*

#### **Mapa IV - Laboratório de Astrofísica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Laboratório de Astrofísica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Astrophysics Laboratory*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(49.0) T-14; TP-21; PL-7; TC-7*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 34.3h*

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

*ist12825, Ana Maria Cidade Mourão, 14.7h*

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

*Adquirir competências avançadas em astrofísica observacional. Aprender os fundamentos de astrofísica observacional, nomeadamente em astrosismologia e heliosismologia, técnicas de observação, redução e análise de dados observacionais, e astrofísica computacional. Os alunos adquirem competências que lhes permitem participar na preparação e posterior análise e interpretação dos dados provenientes das próximas missões astronómicas da ESA- Agência Espacial Europeia e da próxima geração de telescópios do ESO- European Southern Observatory.*

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

*Acquire advanced skills in astrophysics. Learn the fundamentals of observational astrophysics and astronomy, namely asteroseismology and helioseismology, observational techniques, observational data reduction and analysis, and computational astrophysics. Prepare students to participate in modelling, analysis and interpretation of the data coming from the forthcoming ESA astronomical missions and the next generation of ESO or other astronomical observatories.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*I. Introdução à Astronomia Observacional: Telescópios, sistema de coordenadas astronómicas, conceitos de fotometria e espectroscopia. Aquisição de dados com câmaras CCD: características de uma câmara CCD; principais etapas na preparação de uma sessão de observação, aquisição de dados, redução e interpretação de dados.  
II. Oscilações estelares e sistemas planetários: hidrodinâmica básica, problema de valores próprios de oscilações estelares, modos acústicos e modos de gravidade; métodos numéricos e analíticos para resolver equações, conceitos básicos para observar oscilações estelares, Helioseismologia e Asteroseismologia, principais avanços na física estelar. Futuras missões estelares da ESA e da NASA.*

4.4.5. Syllabus:

*I. Introduction to observational Astrophysics: Telescopes, astronomical coordinate systems, concepts in photometry and spectroscopy. CCD cameras in astronomy: basic concepts. Data acquisition with a CCD camera. Main steps in the preparation of an observational program, data acquisition, data reduction and analysis.  
II. Stellar oscillations and planetary systems: basic hydrodynamics, eigenvalues problem of stellar oscillations, acoustic modes and gravity modes; numerical and analytical methods for solving equations, basic concepts to observe stellar oscillations, Helioseismology and Asteroseismology, main breakthroughs in stellar; constituents of the solar system, chemical composition and structure, Sun and its internal structure. Basic model of the formation of a planetary system. Introduction to the observation techniques of exo-planets, and the main results of this research field. Future ESA and NASA missions in stellar astrophysics.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Avaliação 100% contínua (dois projetos de pesquisa, apresentações orais e discussão de projetos; um dos projetos compreende trabalho prático num observatório astronómico para realização de um projeto observacional). A classificação final é a média da classificação obtida em cada projeto. 70% do trabalho dos projetos tem uma componente de programação e computação.*

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

**100 % continuous assessment (two research projects, oral presentations and discussion of projects; field work at an astronomical observatory ). The final classification is the average of the classification obtained in each project. About 70% of continuous assessment has a programming and computing component.**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, projectos, trabalho em grupo e trabalhos observacionais e experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes, project, group work, and experimental and observational work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Asteroseismology, Aerts C., Christensen-Dalsgaard J., and Kurtz D. W, 2010, Astronomy and Astrophysics Library, Springer; Nonradial Oscillations of Stars, W. Unno, Y. Osaki, H. Ando and H. Shibahashi, 1979, University of Tokyo Press, Tokyo; Asteroseismic Data Analysis: Foundations and Techniques, S. Basu, W. J. Chaplin, 2017, Princeton; Introductory Astronomy, K. Holliday, #, John Wiley Sons; User's guide to CCD reduction with IRAF, P. Massey , #, #; A Pratical Guide to CCD Astronomy, M. Zeilik and S. A. Gregory , 1998, Cambridge University Press**

**Mapa IV - Dissertação de Mestrado em Engenharia Física Tecnológica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Física Tecnológica**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Master Dissertation in Engineering Physics**

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

**Diss**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**840.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**(28.0) OT28**

**4.4.1.6. ECTS:**

**30.0**

**4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

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

**ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 28h**

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

<sem resposta>

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

*A dissertação é um projeto com a duração de um semestre enquadrável em uma de três modalidades: 1. Tese científica, 2. Projeto em empresa e 3. Projeto SCOPE. Os objetivos de aprendizagem dependerão do projeto de tese específico, mas, em geral, os estudantes deverão:*

- aplicar os conhecimentos adquiridos no mestrado no desenvolvimento de um projeto científico, tecnológico ou de gestão.
- estender os seus conhecimentos a áreas não cobertas no mestrado necessárias para desenvolver o projecto de tese.
- pesquisar, obter, compilar e resumir informações (científicas, técnicas, legislação, entrevistas, inquéritos) relevantes para o projeto.
- planear e executar experiências, analisar e interpretar dados, desenvolver modelos matemáticos, realizar simulações em computador.
- desenvolver competências intrapessoais, interpessoais e de pensamento crítico e inovador. - escrever e apresentar oralmente e discutir uma dissertação.

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

*The dissertation is a semester-long project or study that may fall within one of three modalities: 1. Scientific thesis, 2. Company project and 3. SCOPE project. Learning objectives will depend on the specific thesis project, but in general students should:*

- apply the knowledge acquired during their degree to undertake a project of a scientific, technological or management nature.
- extend their knowledge to areas not covered in the Master course that are required to meet the dissertation challenge.
- search, obtain, compile and summarize information (scientific, technical, legislation, interviews, polls) relevant to the project.
- plan and execute experiments, analyse and interpret data, develop mathematical models, perform computer simulations.
- develop Critical and Innovative Thinking, Intrapersonal and Interpersonal Skills. - write and orally present and discuss a dissertation document

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*A dissertação é definida inicialmente pelos orientadores ou sob orientação dos mesmos. A dissertação pode ser realizada no IST ou fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas, em Portugal ou no exterior). As seguintes modalidades são possíveis:*

- 1. Tese científica: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.*
- 2. Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.*
- 3. Projeto SCOPE: trabalho em equipa multidisciplinar com base em problemas/desafios reais e complexos apresentados por empresas ou instituições e que exigem contribuições de alunos de diferentes cursos do IST/ULisboa.*

**4.4.5. Syllabus:**

*The dissertation is initially defined by the supervisors or under the supervisor's guidance. The dissertation can take place at IST or outside IST (universities, research centers or companies, in Portugal or abroad). The following modalities are possible:*

- 1. Scientific thesis: an in-depth and academically rigorous analysis of a scientific, technological or management challenge. May include experimental and/or computational work.*
- 2. Company project: individual project focused on a specific challenge posed by a host company that requires a solution or analysis targeted for short term implementation.*
- 3. SCOPE project: multidisciplinary team work based on real and complex problems/challenges posed by companies or other institutions that require inputs from students from different courses of IST or the University of Lisbon.*

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

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

***Avaliação do desempenho do aluno, avaliação do documento de dissertação e apresentação/discussão pública frente a um júri de acordo com as normas das legislação portuguesa.***

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

***Assessment of the student performance, evaluation of the dissertation document and public presentation and discussion by a jury according to the rulings of the portuguese legislation.***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á no contacto intensivo com ambiente de investigação profissional e desenvolvimento de pesquisa de informação, aplicação de conceitos e resolução de questões que surgem ao longo do tratamento do tema da dissertação. Esta abordagem permite cumprir os objetivos da formação.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts in close connection with a professional environment and the supervisor will allow to fulfill the intended learning outcomes, namely, to develop ability for collecting information, creativity and skills for analysis and finding solutions for a complex problem.***

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

***Depende do tópico da dissertação., #, #, #***

**Mapa IV - Qcd e Física Hadrónica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Qcd e Física Hadrónica***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Qcd and Hadron Physics***

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

***FPaFN***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***(42.0) T-42***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist427848, Gernot Eichmann, 14h*

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

*ist155296, Liliana Apolinário, 14h*

*ist34385, Elmar Biernat, 14h*

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

*Apresentando aos alunos uma introdução moderna do Cromodinâmica Quântica e Física Hadrônica, com foco em regimes perturbativos e não-perturbativos.*

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

*Providing the students with a modern introduction to Quantum Chromodynamics and Hadron Physics, with focus on both perturbative and non-perturbative regimes.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*I. Introdução. II. Fundamentos do QCD. III. Simetrias de Sabor. IV. Espectro Hadrônica. V. Fenomenologia de Baixa Energia. VI. Fenomenologia de Alta Energia.*

4.4.5. Syllabus:

*I. Introduction. II. QCD Fundamentals. III. Flavor symmetries. IV. Hadron spectrum. V. Low-energy QCD Phenomenology. VI. High-energy QCD Phenomenology.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*70% - 80% Avaliação por 2 ou 3 mini projetos.*

*20% - 30% Exame oral.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

*70% - 80% grading during the semester with 2 or 3 mini-projects*

*20% - 30% Oral Exam*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Dynamics of the Standard Model, J. F. Donoghue, E. Golowich, B. Holstein, 1992, Cambridge Univ. Press; The Structure*

*of the Nucleon, A. W. Thomas and W. Weise, 2001, Wiley-VCH; Quarks and Leptons, F. Halzen and A. D. Martin, 1984, John Wiley & Sons; Hadron Interactions, P. D. B. Collins and A. D. Martin, 1984, CRC Press*

#### Mapa IV - Métodos de Análise e Simulação em Física de Altas Energias

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

*Métodos de Análise e Simulação em Física de Altas Energias*

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

*Simulation and Analysis Methods in High Energy Physics*

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

*FPaFN*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*84.0*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*(21.0) TP-14;PL-7*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*3.0*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*ist428226, Patricia Conde Muíño, 21.0h*

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

*<sem resposta>*

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

*Adquirir conhecimentos de técnicas de análise em Física de Altas Energias. Adquirir conhecimento e experiência na utilização de ferramentas de software de análise e simulação neste campo.*

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

*To learn the basic analysis techniques used in High Energy Physics (HEP). To get experienced in the use of simulation and analysis software packages and tools currently used in HEP.*

##### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução e revisão de conceitos (secção eficaz, luminosidade, simulação de Monte Carlo, detecção e identificação de partículas).*

*Simulação de processos de física. Geradores de MC. Simulação de detectores.*

*Processos de sinal e fundo. Variáveis discriminantes e assinaturas experimentais. Métodos de otimização e separação sinal/fundo. Métodos Machine Learning.*

*Calibrações e correcções baseadas em processos de física (in-situ). Utilização de processos de física bem conhecidos. Determinação de aplicação de correções no Monte Carlo (pesos, normalização de fundos).*

*Desconvolução dos efeitos do detector. Métodos básicos (bin a bin, método da matriz inversa). Utilização de técnicas de Machine Learning para a desconvolução.*

*Ajustes: o método de máxima verosimilhança. Constrangimentos e parâmetros de perturbação.*

**Estratégias de análise: definição de observáveis, métodos de análise “cega”.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Introduction and review of previous knowledge (cross section, luminosity, Monte Carlo simulation, particles detection and identification).**

**Simulation in physics. Monte Carlo generators. Detector response simulation.**

**Signal and background processes. Discriminating variables and experimental signatures. Methods for optimisation of the signal/background separation. Machine Learning methods.**

**Data-driven in-situ calibration/correction methods. Determination and application of Monte Carlo corrections (weights, background normalization).**

**Deconvolution or unfolding. Basic methods (bin by bin, inverse matrix method). Use of Machine Learning for deconvolution.**

**Fits: the likelihood method. Nuisance parameters and constraints.**

**Analysis strategy: definition of observables, blind analysis.**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

**A componente laboratorial, com peso relativamente grande, permitirá a posta em prática das técnicas de análise e ferramentas discutidas durante a aula teórico-prática, de forma a consolidar as aprendizagens e poder assim atingir os objectivos propostos.**

**Avaliação:**

**Desenvolvimento de um projecto de análise para estudar um problema de actualidade na Física de Altas Energias.**

**Relatório em forma de artigo científico descrevendo o problema e a análise desenvolvida. Apresentação oral do trabalho e discussão crítica dos resultados.**

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

**Development of an analysis project to study a state of the art problem in HEP. Report in the form of a research article.**

**Oral presentation and critical discussion of the results.**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Introduction to Statistics and Data Analysis for Physicists, 2nd rev. ed. , G. Bohm and G. Zech, #, DESY (Hamburg);**

**MadGraph, #, #, #; DELPHES, #, #, #; ROOT, #, #, #**

### Mapa IV - Sistemas Dinâmicos

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Sistemas Dinâmicos**

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

**Dynamical Systems**

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

*FInter*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-14; TP-35*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12028, Rui Manuel Agostinho Dilão, 49h*

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

*<sem resposta>*

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

*O objectivo deste curso é introduzir a linguagem e as técnicas da teoria dos sistemas dinâmicos de dimensão finita. É estudada a teoria qualitativa das equações diferenciais ordinárias e das equações às diferenças (iteração de funções). São abordados os vários aspectos da teorianas vertentes geométrica e computacional, onde se inclui o conceito de caos. Mostram-se algumas aplicações da teoria dos sistemas dinâmicos.*

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

*The goal of this course is to introduce the language and the techniques of the theory of finite dimensional dynamical systems. We study the qualitative theory of ordinary differential equations and of difference equations (iteration of maps). We analyse the geometric and computational aspects of dynamical systems, including the concept of chaos. We analyse several applications of the dynamical systems theory.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I. Introdução aos sistemas dinâmicos.***

***1.1 Sistemas dinâmicos de dimensão finita.***

***1.2 Equações diferenciais como sistemas dinâmicos.***

***1.3 Equações às diferenças como sistemas dinâmicos.***

***1.4 Classificação dos pontos fixos.***

***1.5 Sistemas hamiltonianos.***

***1.6 Métodos numéricos.***

***1.7 Atratores estranhos e aplicações de um intervalo.***

***1.8 As variedades estável, instável e central.***

***1.9 Autómatos celulares.***

***1.10 Aplicações do plano complexo. Conjuntos fractais.***

***II. Teoria qualitativa dos sistemas dinâmicos.***

***2.1 Conjuntos limite.***

***2.2 Funções de Poincaré.***

***2.3 O teorema de Poincaré-Bendixon.***

***2.4 Dinâmica na variedade central.***

***2.5 Bifurcações.***

***III. Caos.***

***3.1 A ferradura de Smale.***

**3.2 Conjuntos de Cantor.**

**3.3 Caos e sensibilidade em relação às condições iniciais.**

**3.4 Expoentes de Liapunov e teorema de Oseledets.**

**IV. Aplicações da teoria dos sistemas dinâmicos.**

**4.1 Mecânica celeste.**

**4.2 Sistemas biológicos.**

**4.3 Teoria do controlo e aplicações.**

**4.4 Sincronização.**

**4.4.5. Syllabus:**

**I. Introduction to dynamical systems.**

**1.1 Finite dimensional dynamical systems.**

**1.2 Differential equations as dynamical systems.**

**1.3 Difference equations as dynamical systems.**

**1.4 Classification of fixed points.**

**1.5 Hamiltonian dynamical systems.**

**1.6 Numerical methods.**

**1.7 Maps of an interval and strange attractors.**

**1.8 The stable, center and unstable manifolds.**

**1.9 Cellular automata.**

**1.10 Maps of the complex plane. Fractal sets.**

**II. Qualitative theory of dynamical systems.**

**2.1 Limit sets.**

**2.2 Poincaré maps.**

**2.3 The Poincaré-Bendixon theorem.**

**2.4 Dynamics in the centre manifold.**

**2.5 Bifurcations.**

**III. Chaos.**

**3.1 The Smale horseshoe.**

**3.2 Cantor sets.**

**3.3 Chaos and sensitivity to initial conditions.**

**3.4 Lyapunov exponents and the Oseledets theorem.**

**IV. Applications of the theory of dynamical systems**

**4.1 Celestial mechanics.**

**4.2 Biological systems.**

**4.3 Control theory and applications.**

**4.4 Synchronization.**

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Resolução de séries de problemas ao longo do semestre (50%), um teste (30%) e um trabalho de exposição oral (20%).*

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

*Resolution of series of problems during the semester (50%), one test (30%) and an oral exposition (20%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the*

*knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Nonlinear Dynamics and Chaos, S. Strogatz, 1994, Perseus Books; Nonlinear Oscillation, Dynamical systems and bifurcations of vector fields, J. Guckenheimer e P. Holmes, 1983, Springer-Verlag; Chaos: Classical and Quantum, P. Cvitanovic, R. Artuso, R. Mainieri, G. Tanner, G. Vattay, N. Whelan e A. Wirzba; Uma introdução à teoria dos sistemas dinâmicos e do caos, R. Dilão, 2017, IST; Chaos and reverse bifurcations in a RCL circuit, J. Cascais, R. Dilão e A. Noronha da Costa, 1983, Phys. Lett. 93A, 213-216; Differential equations, dynamical systems and an introduction to chaos, M. W. Hirsch, S. Smale e R. L. Devaney, 2004, Elsevier; Nonlinear Dynamics in Particle Accelerators, R. Dilão e R. Alves-Pires, 1996, WorldScientific*

**Mapa IV - Técnicas de Micro e Nanofabricação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Técnicas de Micro e Nanofabricação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Micro and Nanofabrication Techniques*

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

*FMCNano*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) PL-35; T-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist14366, Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas, 17h*

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

*ist32734, Vania Silverio, 16h*  
*ist18063, Diana Cristina Pinto Leitão, 16h*

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

*Oferecer formação experimental em técnicas de micro e nanofabricação. Apresentar os diversos módulos necessários para construir nanoestruturas e dispositivos. Dar acesso a uma infraestrutura experimental onde os alunos possam compreender as técnicas descritas nas aulas através da prática experimental na Sala Limpa (ISO 4/5) do INESC-MN.*

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

*To provide training in micro and nanofabrication techniques. To present the building blocks for nanodevice fabrication. To provide unique experimental resources where the students can understand the techniques learnt in classes supported by experimental work at the INESC MN' s Clean Room (ISO 4/5).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- I. Salas Limpas: especificações técnicas, segurança e classificação (ISO).*
- II. Técnicas de litografia. Resolução. Escrita directa, alinhamento multinível, máscaras de software e duras.*
- III. Técnicas de transferência: Substractivas (“Etching”) e Aditivas (“Lift-off:”) - dimensões e materiais, perfil da máscara e das estruturas definidas.*
- IV. Técnicas de vácuo.*
- V. Deposição de filmes finos metálicos e dieléctricos: pulverização catódica (PVD), feixe iónico (IBD), deposição por vapor (CVD), evaporação, electrodeposição. Metrologia de controlo dos processos. Requisitos da indústria.*
- VI. Técnicas de planarização. Aplicação a arquitecturas de memórias MRAM e CMOS.*
- VII. Requisitos da indústria. Produção em grande escala, controlo de qualidade. Metrologia em microestruturas.*
- VIII. Microsistemas para fluidos: fabrico de microcanais, selagem irreversível. Aplicação em biosensores*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1) Clean rooms: technical specifications, safety rules, classification (ISO).*
- 2) Lithography techniques. Resolution and minimum features. Direct write, multilevel alignment, hard masks, software masks.*
- 3) Techniques for pattern transfer: Subtractive (Etching) and Additive (Lift-off) - dimensions, materials, resist and features profile.*
- 4) Vacuum technologies for materials processing: principles and technologies.*
- 5) Metal and dielectric film deposition: sputtering (PVD), ion beam (IBD), chemical vapour deposition (CVD), evaporation, electrodeposition. Materials process control. Industry requirements.*
- 6) Local and global planarization techniques: application to complex multilevel architectures eg. MRAM and CMOS.*
- 7) Industrial specifications. Large scale production, quality control. Metrology techniques for nano-microstructures*
- 8) Microsystems for fluidics integration: microchannel fabrication, irreversible bonding, mould machining. Biosensor applications.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*(i) 2 testes escritos (20%+20%). (ii) Trabalho experimental semanal na Sala Limpa do INESC MN, em grupos de 3-4 alunos. Avaliação através de um questionário on-line a preencher após cada sessão laboratorial e relatório final descrevendo o processo realizado (40%). (iii) Discussão oral da arquitectura do dispositivo e do seu processo de microfabricação (20%).*

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

*(i) 2 written tests (20%+20%). (ii) Experimental microdevice fabrication at INESC MN clean room, in groups of 3-4 students, once a week. Weekly assessment through on-line questionnaires after each laboratory session (40%). (iii) Oral discussion of the device design and microfabrication methods for its realization (20%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Nanoelectronics and Information Technology, Rainer Waser (Ed), 2003, Wiley-VCH; Handbook of thin film deposition processes and techniques Principles, Methods, Equipment and Applications, Krishna Seshan (Ed) , 2002, Noyes Publications / William Andrew Publishing, ISBN: 0-8155-1442-5; VLSI technology, S.M.Sze, 1994, McGraw Hill*

**International Editions****Mapa IV - Física e Tecnologia dos Materiais Magnéticos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*****Física e Tecnologia dos Materiais Magnéticos*****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Physics and Technology of Magnetic Materials*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****FMCNano*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****(42.0) T-14; PL-28*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****ist18063, Diana Cristina Pinto Leitão, 28h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist14366, Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas, 14h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Introdução ao magnetismo e materiais magnéticos, desde princípios fundamentais à integração em micro sistemas. Física dos filmes finos e heteroestruturas magnéticas e desafios tecnológicos para integração em nanoelectrónica*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Introduction to magnetism and magnetic materials, from fundamental principles to integration in microsystems. Physics of magnetic thin films and heterostructures. Technological challenges for nanoelectronics integration.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I. Introdução ao magnetismo e materiais magnéticos******II. Origens atómicas do magnetismo e ordem magnética******III. Anisotropia Magnética******IV. Micromagnetismo, domínios magnéticos e histerese******V. Magnetismo à nanoescala******VI. Técnicas de fabricação e caracterização de materiais e nanoestruturas magnéticas(as)******VII. Tecnologias baseadas em materiais magnéticos: dimensionamento e integração em dispositivos funcionais.******Introdução à electrónica de spin.******VIII. Aplicação de sistemas magnéticos em tecnologias de informação, biologia e medicina.***

**4.4.5. Syllabus:**

*I. Introduction to magnetism and magnetic materials*

*II. Atomic origins of magnetism and magnetic order*

*III. Magnetic Anisotropy*

*IV. Micromagnetism, magnetic domains and hysteresis*

*V. Nanoscale Magnetism*

*VI. Manufacturing techniques and characterization of magnetic materials and nanostructures*

*VII. Technologies based on magnetic materials: sizing and integration into functional devices. Introduction to spin electronics.*

*VIII. Application of magnetic systems in information technology, biology and medicine.*

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

*Os conteúdos programáticos abrangem os fundamentos em magnetismo e tópicos de ponta em aplicações de materiais magnéticos para dispositivos funcionais. A matéria leccionada permite ao aluno rever e aprofundar os conhecimentos antecedentes, mas também adquirir novos conhecimentos, alargar a visão sobre a área científica e desenvolver análise crítica e novas capacidades técnicas úteis à sua futura actividade como engenheiro físico. O aluno desenvolverá autonomia com a execução de um projeto de desenvolvimento individual realizado em ambiente de investigação e desenvolvimento.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Resolução de Exercícios (50%) + Projeto de desenvolvimento individual (50%)*

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

*Written exercises (50%) + Individual development project (50%)*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Fundamentals and applications of magnetic materials, Krishnan, K.M., 2016, Oxford University Press.; Magnetism and magnetic materials, Coey, J.M., 2010, Cambridge university press*

**Mapa IV - Nanotecnologias e Nanoelectrónica****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Nanotecnologias e Nanoelectrónica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nanotechnologies and Nanoelectronics*

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

*FMCNano*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

(42.0) T-14; TP-28

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist14366, Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas, 33h*

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

*ist146722, Ana Neves Vieira da Silva, 16h*

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

*Dar ao aluno uma síntese das funcionalidades de estruturas micro e nanofabricadas utilizando materiais semicondutores, orgânicos e magnéticos, e desafios tecnológicos para integração em dispositivos funcionais. Identificar os princípios físicos de funcionamento de componentes nanoelectrónicos actuais assim como de tecnologias emergentes.*

*Explorar conceitos baseados em nanopartículas (pontos quânticos, partículas magnéticas) e nanotubos de carbono, e sua manipulação em chip. Aplicação de nanodispositivos à biologia: plataformas de reconhecimento biomolecular e neuroelectrónica.*

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

*To provide the students with a view of nano and microstructures based on semiconductor, organic and magnetic materials, their operation principles and technological challenges for the integration as functional devices. To identify the physical mechanisms guiding the operation of several modern nanoelectronic components and also emerging technologies. To explore concepts based on nanoparticles (quantum dots, magnetic nanoparticles) and carbon nanotubes, and its manipulation in chip. Application of nanodevices in biology: biomolecular recognition platforms and neuroelectronics.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Materiais semicondutores (3D): Heteroestruturas e tecnologia CMOS.*

*2- Tecnologias pós-CMOS: semicondutores 2D e 1D. Pontos quânticos semicondutores.*

*3- Electrónica orgânica e cristais líquidos: princípios de funcionamento e avanços tecnológicos.*

*4- Spintrónica: princípios e avanços tecnológicos. Ferromagnetismo nos metais de transição e terras raras.*

*Ressonância magnética (RMN). Filmes finos e heteroestruturas magnéticas*

*5- Dispositivos ópticos e nanofotónica. Materiais, funcionamento e avanços tecnológicos.*

*6- Manipulação de nanopartículas usando campos eléctricos e/ou magnéticos. Aplicação em bioengenharia. Pinças ópticas e magnéticas.*

*7- Neuroelectrónica. Transmissão de informação no neurónio. Interface neurónio-chip. Micro e nano-electrodos.*

*Dispositivos memresistivos e computação neuromórfica.*

*8- Introdução às tecnologias de informação quântica. Princípios de funcionamento e avanços tecnológicos.*

4.4.5. Syllabus:

*1. Semiconductor materials (3D): Heterostructures and industry roadmap for CMOS.*

*2- Post-CMOS devices: 2D and 1D semiconductors. Semiconductor quantum dots.*

*3- Organic electronics and liquid crystals: materials, operation and technological advances.*

*4- Spintronics: operation and technological advances. 3d transition metal ferromagnetism. Magnetic resonance (NMR). Magnetic thin films and spintronic heterostructures.*

*5- Optical nanodevices and nanophotonics: materials, operation and technological advances.*

*6- Nanoparticle manipulation using electrical and/or magnetic fields. Integrated platforms for bioengineering. Optical and magnetic tweezers.*

*7- Neuroelectronics. Information transmission in neurons. The interface neuron-chip. Micro and nano electrodes for transcranial implants. Memristor devices and neuromorphic computation.*

#### **8- Introduction to quantum information technologies. Principles and technological advances.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Séries de problemas (5-6) dedicadas aos dispositivos estudados na disciplina, que são discutidos nas aulas teórico-práticas. (60%).*  
*Realização de uma apresentação oral (30 minutos) em grupos de 2 alunos, sobre um tópico emergente relacionado com uma das temáticas apresentadas, com impacto na nanotecnologia e nanoelectrónica (40%)*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Series of homework problems (5 to 6), using several of the nanoelectronic devices covered in the course. (60%).*  
*Public seminar presentation by groups of 2 students on topics related with innovation aspects in the areas covered in the course, with impact in nanotechnologies and nanoelectronics areas. (40%)*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Nanoelectronics and Information Technology, Rainer Waser (Ed), 2003, Wiley-VCH; Magnetoelectronics, Mark Johnson (Ed), 2004, Elsevier Acad. Press*

#### **Mapa IV - Projeto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Física Tecnológica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Projeto Integrador de 2º Ciclo em Engenharia Física Tecnológica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*2nd Cycle Integrated Project in Engineering Physics*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*336.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(28.0) OT-28*

**4.4.1.6. ECTS:****12.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 28h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***Projeto Integrador tem a duração de um semestre e é enquadrável em uma de três modalidades: 1. Projeto científico, 2. Projeto em empresa e 3. Projeto SCOPE. Os objetivos de aprendizagem dependerão do projeto específico, mas, em geral, os estudantes deverão:***

- aplicar os conhecimentos adquiridos na licenciatura no desenvolvimento de um projeto científico, tecnológico ou de gestão.***
- estender os seus conhecimentos a áreas não cobertas na licenciatura.***
- pesquisar, obter, compilar e resumir informações (científicas, técnicas, legislação, entrevistas, inquéritos) relevantes para o projeto.***
- planear e executar experiências, analisar e interpretar dados, desenvolver modelos matemáticos, realizar simulações em computador.***
- desenvolver competências intrapessoais, interpessoais e de pensamento crítico e inovador.***
- escrever e apresentar oralmente e discutir um relatório técnico.***

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

***The integrated project may fall within one of three modalities: 1. Scientific project, 2. Company project and 3. SCOPE project. Learning objectives will depend on the specific project, but in general students should:***

- apply the knowledge acquired during their degree to undertake a project of a scientific, technological or management nature.***
- extend their knowledge to areas not covered in their degree.***
- search, obtain, compile and summarize information (scientific, technical, legislation, interviews, polls) relevant to the project - plan and execute experiments, analyse and interpret data, develop mathematical models, perform computer simulations***
- develop Critical and Innovative Thinking, Intrapersonal and Interpersonal Skills. - write and orally present and discuss a technical report.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***O projeto é definido inicialmente pelos orientadores ou sob orientação dos mesmos. Pode ser realizado individualmente ou em grupo, no IST ou fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas). As seguintes modalidades são possíveis:***

- 1. Projeto científico: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.***
- 2. Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.***
- 3. Projeto SCOPE: trabalho em equipa multidisciplinar com base em problemas/desafios reais e complexos apresentados por empresas ou instituições e que exigem contribuições de alunos de diferentes cursos do IST/ULisboa.***

**4.4.5. Syllabus:**

***The project is initially defined by the supervisors or under the supervisors guidance. It can be carried out individually or in groups, and take place at IST or outside IST (universities, research centers or companies). The following modalities are possible:***

- 1. Scientific project: an in-depth and academically rigorous analysis of a scientific, technological or management***

*challenge. May include experimental and/or computational work.*

*2. Company project: individual project focused on a specific challenge posed by a host company that requires a solution or analysis targeted for short term implementation.*

*3. SCOPE project: multidisciplinary team work based on real and complex problems/challenges posed by companies or other institutions that require inputs from students from different courses of IST or the University of Lisbon.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Para os projetos de modalidade 1 e 2, deve ser submetida para avaliação um relatório e feita uma discussão por júri constituído por (no mínimo) de dois docentes.*

*Para os projetos de modalidade 3: Avaliação contínua com 3 momentos de exposição pública (pitch inicial (30%) + apresentação intercalar (30%) + apresentação final (40%)); Os elementos submetidos para avaliação deverão ser orientados para o desenvolvimento de um portfolio de conteúdo variável, dependente do projeto (website, relatório/poster, apresentação, vídeo divulgação); Avaliação por júri constituído por (no mínimo) dois docentes incluindo uma componente de avaliação pelos pares (5% de cada momento).*

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

*For project types 1 and 2 a report must be submitted for evaluation and discussion by a jury of at least two professores.*

*For project type 3 evaluation will be continuous, with 3 moments of public exposure (initial pitch (30%) + midterm presentation (30%) + final presentation (40%)); The submitted elements will be guide for the development of a portfolio of variable content, depending on the project (website, report/poster, presentation, dissemination video). Evaluation should be conducted by a jury of (at least) two professores, and include peer-evaluation (5% at each stage)*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As atividades realizadas pelo estudante permitem o desenvolvimento das competências que são o objetivo da unidade curricular, pois dão ao estudante a capacidade de integrar, analisar e resolver problemas, e de o comunicar a audiências de especialistas e não especialista. A apresentação oral e o contacto com o orientador permitem desenvolver capacidade de argumentação e de defesa de pontos de vista.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The activities performed by the student allow the development of the learning outcomes, since they give the student the ability to integrate, interpret, analyse and solve problems, and communicate with audiences of experts and nonexperts. The oral presentation and the contact with the supervisor give the skill to argue and to defend viewpoints.*

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

*Depende do tópico do projeto., #, #, #*

#### Mapa IV - Energia Solar Térmica

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Energia Solar Térmica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Solar Thermal Energy*

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

**Flinter**

**4.4.1.3. Duração:**  
**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
**(49.0) T-42; OT-7**

**4.4.1.6. ECTS:**  
**6.0**

**4.4.1.7. Observações:**  
**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**  
**<no answer>**

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
**ist12891, Luís Filipe Moreira Mendes, 33.0h**

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
**ist23960, Carlos Augusto Santos Silva, 16.0h**

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

**Quando terminar a unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:**

- **selecionar e utilizar os tipos de dados e os modelos de radiação solar mais apropriados para cada tipo de aplicação;**
- **avaliar do ponto de vista técnico a oferta comercial de colectores;**
- **projetar novos sistemas de captação de radiação solar;**
- **interpretar os resultados da certificação de colectores;**
- **projetar sistemas standard assim como desenvolver sistemas de raiz para satisfazer necessidades de energia concretas;**
- **utilizar ferramentas informáticas de projeto de sistemas solares térmicos.**

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

**At the end of the course, the student will be able to:**

- **select and use the solar radiation data and models better suited for each application;**
- **technically evaluate commercial solar collectors;**
- **design new systems to collect solar radiation;**
- **interpret the results of the solar collectors certification;**
- **design standard solar heating systems as well as new systems to fulfil specific energy needs;**
- **use software to design solar heating systems;**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Fundamentos de radiação solar**

**1.1. Geometria e componentes da radiação solar**

**1.2. Instrumentos de medida, tipos de dados e modelos de previsão de radiação**

**1.3. Interação dos materiais opacos e transparentes com a radiação**

**2. Coletores solares**

**2.1. Coletores planos**

**2.1.1. Configurações**

**2.1.2. Balanço de energia e eficiência**

**2.1.3. Radiação crítica e temperatura de estagnação**

**2.1.4. Capacidade calorífica dos coletores**

**2.1.5. Ensaio e certificação de coletores**

**2.2. Coletores concentradores**

**2.2.1. Configurações**

**2.2.2. Coletores do tipo CPC**

**2.2.3. Sistemas de alta concentração****3. Sistemas de aquecimento de água****3.1. Componentes****3.1.1. Sistemas de armazenamento****3.1.2. Circuito hidráulico****3.1.3. Sistemas de apoio****3.2. Configurações****3.2.1. Tipos de circulação****3.2.2. Campos de coletores****3.2.3. Distribuição de energia térmica****3.3. Simulação e projeto de sistemas****3.3.1. Métodos de dimensionamento****3.3.2. Programas de simulação de sistemas****3.3.3. Exemplo de um software dedicado****4.4.5. Syllabus:****1. Fundamentals of solar radiation****1.1. Solar geometry and components of solar radiation****1.2. Measuring instruments, solar radiation data and solar radiation models****1.3. Radiation characteristics of opaque materials and radiation transmission through glazing****2. Solar collectors****2.1. Flat-Plate collectors****2.1.1. Configurations****2.1.2. Energy balance and efficiency****2.1.3. Critical radiation level and stagnation temperature****2.1.4. Heat capacity effects****2.1.5. Standard collector testing****2.2. Concentrating collectors****2.2.1. Collector configurations****2.2.2. CPC solar collectors****2.2.3. High concentrating systems****3. Solar water heating systems****3.1. System components****3.1.1. Storage****3.1.2. Water circuits****3.1.3. Backup systems****3.2. System configurations****3.2.1. Fluid circulation****3.2.2. Solar collector arrays****3.2.3. Thermal energy delivery****3.3. Simulation and design****3.3.1. Sizing methods****3.3.2. Simulation software****3.3.3. Design of systems with software tools****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*2 projetos parcelares - 30%*

*1 projeto final- 40%*

*3 minitests, dos quais contam as duas melhores notas - 30%*

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

*2 short projects - 30%*

*1 final project - 40%*

*3 mini-tests, the best 2 are taken into account for the grading - 30%*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Solar Engineering of Thermal Processes, John Duffie and William Beckman, 2013, John Wiley & Sons; Planning and Installing Solar Thermal Systems: a guide for installers, architects and engineers, German Solar Energy Society, 2010, Edition Earthscan*

#### Mapa IV - Física e Tecnologia dos Plasmas

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Física e Tecnologia dos Plasmas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Plasma Physics and Technology*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(42.0) T-14; TP-28*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**  
*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**  
*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
*ist149540, Jorge Miguel Ramos Domingues Ferreira Vieira, 42.0h*

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

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Este curso de introdução à física dos plasmas cobre aspectos fundamentais tais como a geração de plasmas, fenómenos de transporte, e propagação de ondas. Após a conclusão desta unidade curricular, os alunos serão capazes de estabelecer ligações entre os tópicos abordados e investigação na fronteira do conhecimento científico num conjunto amplo de domínios, que incluem a fusão nuclear e a astrofísica. Os conceitos fundamentais cobertos poderão ser explorados em mais detalhe em*

**unidades curriculares avançadas nas áreas dos plasmas de baixa temperatura, plasmas de fusão e plasmas espaciais.**

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

*This introductory plasma physics course will cover fundamental concepts, including plasma formation mechanisms, transport, and wave propagation.*

*After the course, students will be able to bridge between course materials and state-of-the-art research over a wide range of fields, including nuclear fusion and astrophysics. This course provides core concepts that may be further expanded in advanced plasma physics courses in the areas of low-temperature plasmas, fusion plasmas and space plasmas.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1- Conceitos fundamentais em física dos plasmas; papel da física dos plasmas na ciência e em sociedade.**

**2- Descrição do plasma a partir do movimento de partículas individuais.**

**3- Fenómenos colectivos e dinâmica ondulatória em plasmas na abordagem fluída.**

**4- Difusão e transporte em plasmas fracamente e fortemente ionizados, incluindo as equações da magneto-hidrodinâmica (MHD).**

**5- Descrição cinética e introdução a fenómenos de interacção onda-partícula**

**4.4.5. Syllabus:**

**1- Fundamental concepts in plasma physics; role of plasma physics in science and society.**

**2- Plasmas viewed through single particle motions and drifts.**

**3- Collective processes and wave dynamics of the plasma as a fluid.**

**4- Diffusion and transport in weakly and fully ionised plasmas and MHD equations.**

**5- Kinetic description of plasmas and introduction to wave-particle interactions.**

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

*Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos em física dos plasmas que permitem ao aluno tomar o primeiro contacto com esta disciplina, fornecendo conceitos fundamentais para aprofundar conhecimentos em tópicos mais avançados. São fornecidas as bases conceptuais e teóricas, solicitando o aluno para compreender e aplicar os conceitos em aplicações.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas através de projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (trabalhos escritos/projectos - 50%) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50%).*

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

*Homework problems/projects (50%) and written exam (50%).*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento dos conceitos fundamentais em física dos plasmas, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos computacionais permite o confronto com problemas em cenários realistas que vão para além da exposição puramente teórica válida em cenários ideais.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introduction to plasma physics and controlled Fusion, Vol. 1, Francis F. Chen, 1984, Plenum Press; Introduction to plasma physics (Physics 222 ABC, UCLA), John Dawson, 1994, Academic Publishing Service*

**Mapa IV - Física da Radiação****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Física da Radiação***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Radiation Physics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***FPaFN***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***4.4.1.5. Horas de contacto:***(49.0) T-28; PL-21***4.4.1.6. ECTS:***6.0***4.4.1.7. Observações:***<sem resposta>***4.4.1.7. Observations:***<no answer>***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist24591, Patrícia Carla Serrano Gonçalves, 28h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***ist24593, Bernardo Tomé, 21h***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Familiarização com os processos de interacção da radiação com a matéria. Conhecer as aplicações dos mesmos a métodos de deteção, protecção e usos biomédicos e industriais da radiação. Promover acções "hands-on" em ambiente laboratorial de utilizações da radiação.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Familiarization with the processes of interaction of radiation with matter. knowledge of applications and methods of detection, protection and biomedical and industrial uses of radiation. Promote hands-on actions of radiation uses in the laboratory environment.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O que é a radiação? Perspetiva Histórica: De Roentgen a Rutherford: os primeiros modelos do átomo e do núcleo. A descoberta do zoo de partículas fundamentais. Interações fundamentais.*

*Como a radiação interage com a matéria? Interações dos fótons com a matéria: efeito fotoelétrico, difusão de Compton e produção de pares, coeficientes de atenuação; interações das partículas carregadas com a matéria: a Equação de Bethe e Bloch, poder de paragem, alcance, pico de Bragg, Perda de energia por radiação e Energia crítica.*

*Como é produzida a radiação? O núcleo e a radiação nuclear, declínios radioativos. Excesso de massa. A actividade das fontes radioactivas. Produção de radioisótopos. Equilíbrio radioativo. Reacções nucleares. Interações dos neutrões, produção e deteção, ativação. Aceleradores e raios cósmicos.*

*Modelos nucleares: Modelo da Gota Líquida e Formula Semi-Empírica da Massa; Modelo de camadas do núcleo, números mágicos, momento angular nuclear e da paridade.*

*Aplicações.*

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Nuclear and particle physics: Discovery of the nucleus; Rutherford experiment, the discovery of elementary particles.**  
**2. Structure of matter. 2a) elementary particles and fundamental interactions: range and strength; Quarks, leptons, bosons, mesons and baryons; quantum numbers, symmetries and conservation laws; Relativistic kinematics and natural system of units; Feynman diagrams 2b) Nuclear phenomenology and nuclear modes: nuclear masses, nuclear binding energy, nuclear stability (Z vs N), nuclear decay. Nuclear Radius, nuclear spin. Nuclear Models.**  
**3. From Big Bang to Nucleosynthesis: 3a) The first seconds of the universe and the LHC: the discovery of the Higgs boson, the standard model of electroweak interactions (W and Z bosons) 3b) The formation of elements: primordial and stellar nucleosynthesis; neutron star collisions and the production of heavy elements. 4. The neutrino puzzle: Neutrino Mixing and Oscillations**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**componente teórica: exame (50%) + componente laboratorial: relatórios e discussão (50%)**

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

**Theoretical component: exame (50%) + laboratory component: reports and discussion (50%)**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Atoms, Radiation, and Radiation Protection, James E. Turner, 1995, John Wiley & Sons, inc.; Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, 1987, John Wiley; Nuclear and Particle Physics: An Introduction, Brian R. Martin, 2009, Wiley; Radiation Detection and Measurement, C. F. Knoll, 2000, John Wiley; Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach, Leo, William R., 1987, Springer**

**Mapa IV - Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas I**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas I**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Topics in Particle Physics and Astroparticles I**

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

**FPaFN**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

(42.0) T-28; TP-14

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

ist12001, Mário Joao Martins Pimenta, 42h

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

<sem resposta>

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

*Dar ao aluno um conhecimento aprofundado e actual de alguns temas seleccionados, teóricos e experimentais, de física de partículas e astropartículas. Ser capaz de perceber, ao nível de trabalho de investigação actual, alguns temas teóricos e experimentais*

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

*To obtain a deep and updated understanding of some selected, theoretical or experimental, subjects in particle and astroparticle physics. To understand, at the present research level some experimental and theoretical subjects.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*O programa está organizado por módulos que cobrem todas as áreas de investigação e que é comum para os dois semestres. Cada aluno de acordo com o seu plano de estudos desenvolverá em cada semestre um sub-conjunto destes módulos. A-Física Partículas 1) Violação de CP e bariogénese. Física de neutrinos e leptogénese. 2) Cromodinâmica Quântica e a liberdade assintótica. Confinamento. 3) Modelos com sector de Higgs estendido, incluindo supersimetria. 4) Difusão inelástica profunda; electroprodução e neutrino-produção; funções de estrutura. 5) Modelo dos partões; os partões como quarks; previsões experimentais. Partões em Cromodinâmica Quântica; comparação com os dados experimentais. Modelo dos partões e QCD na aniquilação electrão positrão. Funções de fragmentação. B-Astropartículas 6) Neutrinos solares e astrofísicos 7) Raios gama 8) Raios cósmicos de Energia Extrema 9) Matéria escura: modelos teóricos e detecção.*

4.4.5. Syllabus:

*The program is organized in main subjects covering all research areas in the field. These topics are common to both semesters. Each student will follow, in each semester, a subset of these subjects according to his/her plan of study. A- Particle Physics 1) CP Violation and Baryogenesis. Neutrino Physics and Leptogenesis. 2) Quantum Chromodynamics and asymptotic freedom. Quark confinement. 3) Models with extended Higgs sector, including supersymmetry. 4) Deep inelastic scattering; electro-production and neutrino-production; structure functions 5) Parton model; quarks-partons; experimental predictions. Partons in QCD; comparison with experimental results. Parton model and QCD in e+e- annihilation. Fragmentation functions. B-Astroparticle Physics 6) Astrophysical and solar neutrinos 7) Gamma rays 8) Ultra High Energy Cosmic Rays 9) Dark matter: theoretical models and detection.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Trabalho individual escrito com apresentação oral de 30 min*

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

*Written monograph with a 30 min oral presentation*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introduction to Supersymmetry, D. Bailin, A. Love, 1994, IOP, Publishing; CP Violation, Gustavo Castelo Branco, Luís Lavoura, João Paulo Silva, 1999, Oxford U. P; QCD and Collider Physics, R.K.Ellis, W. J. Stirling, 1996, B. R. Webber, Cambridge University Press ; The Black Book of Quantum Chromodynamics: A Primer for the LHC Era, J. Campbell, J. Huston, F. Krauss, 2017, Oxford University Press ; Neutrinos in high energy and astroparticle physics, Jose Valle, Jorge Romão, 2015, Wiley-VCH ; Questions to the Universe. An introduction to particle and Astroparticle Physics 2nd edition, Alessandro De Angelis, Mário Pimenta, 2018, Springer*

**Mapa IV - Multi-Mensageiros de Astropartículas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Multi-Mensageiros de Astropartículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Multi-Messengers in Astroparticle*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) T-14; TP-7*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist150921, Ruben Mauricio da Silva Conceição, 21h*

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

*<sem resposta>*

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

*Adquirir conhecimentos sobre o campo de Física de Astropartículas, nomeadamente sobre raios cósmicos, raios gama e neutrinos astrofísicos e buscas de matéria escura.*

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

*Learn about the Astroparticle physics field, namely cosmic ray, astrophysic neutrinos, gamma-rays and dark matter searches. Brief overview on theoretical achievements and major experimental results.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Raios cósmicos carregados: mecanismos de aceleração e propagação pelo espaço interestelar. Detecção directa e indirecta de raios cósmicos. Radiação gama de origem astrofísica. Neutrinos solar e astrofísicos. Buscas indirectas de matéria escura. Astronomia de Multi-messageiros.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Charged cosmic ray physics: acceleration and propagation. Direct and indirect detection of cosmic rays. Astrophysical gamma-rays. Solar and astrophysical neutrinos. Indirect dark matter searches. Multimessenger astronomy.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Monografia escrita sobre um tema relacionado com o campo das astropartículas.*

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

*Written monograph on specific topic related with the Astroparticle physics field. Oral presentation.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introduction to Particle and Astroparticle Physics: Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations, Alessandro De Angelis and Mário Pimenta, 2018, Springer; Cosmic rays and Particle Physics, Elisa Resconi, Thomas K. Gaisser, Ralph Engel, 2016, Cambridge University Press*

**Mapa IV - Atividades Extracurriculares II****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Atividades Extracurriculares II*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

## ***Extracurricular Activities II***

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

***OL***

### **4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***84.0***

### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

***0.0***

### **4.4.1.6. ECTS:**

***3.0***

### **4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

### **4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 0h***

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

***<sem resposta>***

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

***Estimular os estudantes a adquirirem, de forma diversificada e complementar, conhecimentos e competências comportamentais, sociais, culturais, científicas, tecnológicas e profissionais, através da realização de atividades extracurriculares. Atualmente além de um percurso curricular que fornece provas de conhecimentos científicos/tecnológicos bem consolidados, os empregadores valorizam o percurso extracurricular dos alunos nas suas diversas vertentes.***

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

***To stimulate students to acquire, in a diversified and complementary way, behavioral, social, cultural, scientific, technological and professional knowledge and skills through extracurricular activities. Currently, in addition to scientific/technological knowledge, employers value the extracurricular course of students in its various aspects.***

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

***No quadro desta unidade curricular serão creditadas atividades realizadas pelos estudantes, individualmente ou em grupo, que tenham um cariz essencialmente extra-curricular.***

***1) As atividades extracurriculares devem ser creditadas por pedido dos alunos em uma ou duas unidades curriculares denominadas Atividades Extracurriculares I e II (AE I e AE II) com 3 ECTS cada, oferecidas a todo o universo de alunos dos 2º. Ciclos (mestrado) do IST. Em cada uma destas UC de 3 ECTS os alunos devem realizar uma (ou mais) atividade(s) extracurriculares com esforço total de pelo menos 84 horas.***

***2) Os coordenadores de cada curso deverão reservar espaço na sua grelha de 2º. Ciclo para que os alunos, se assim o entenderem, possam escolher AE I/AEII***

### **4.4.5. Syllabus:**

***In this curricular unit activities carried out by students, individually or in groups, which have an essentially extra-curricular nature, will be credited.***

***1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total***

*effort of at least 84 hours.*

*2) Coordinators of each course must reserve space on their 2nd cycle grid so that students, if they wish, can choose AE I/AE II*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*1) A efectiva realização da actividade, exigindo-se um certificado das entidades onde realizaram as atividades extracurriculares, 2) AE I ou AE II tem avaliação do tipo aprovado / não aprovado.*

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

*(1) a certificate from the entities where the extracurricular activities took place, is required (2) AE I or AE II has approved/unapproved type assessment.*

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

.

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

.

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

.

#### **Mapa IV - Sistemas Quânticos de Muitos Corpos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Sistemas Quânticos de Muitos Corpos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Many Body Quantum Systems*

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

*FMCNano*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-28;TP-21*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist10953, Vítor João Rocha Vieira, 49h*

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

*<sem resposta>*

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

*Compreensão de fases da matéria e fenómenos em que as interações entre electrões, e entre electrões e vibrações da rede cristalina são importantes e conduzem, em particular, a fenómenos colectivos emergentes como magnetismo e supercondutividade.*

*Fornecer ferramentas e técnicas subjacentes à compressão moderna de diferentes fases da matéria, da sua estabilidade e propriedades. Dotar o estudante de um conjunto de técnicas standard de teoria de campo e relaciona-las com os observáveis experimentais. Os exemplos e aplicações são orientados para problemas de Matéria Condensada mas são também úteis para física das altas energias ou física de partículas.*

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

*Provide the tools and techniques underlying the modern understanding of phases of matter, their stability and their properties. Relate, field theory concepts to experimental observables. Examples and applications are mostly oriented towards Condensed Matter systems but are also useful in the context of High-Energy or Particle Physics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1- Funções de Resposta (Resposta linear; Relação entre medidas experimentais e funções de correlação)*

*2 - Funções de Green (Eq. do movimento; Formalismo de tempo imaginário; Integral de caminho para sistemas de muitas partículas)*

*3 - Teoria de Perturbações ( Sistemas desordenados - condutividade; Screening; Cooper instability )*

*4 - Sistemas com interações fortes (Bosões - Superfluidez a partir de integral de caminho; Fermiões: Teoria de Líquido de Fermi; supercondutividade a partir de integral de caminho;)*

*5 - Transições de Fase Quânticas (Teoria de Hertz Millis; expoentes dinâmicos)*

**4.4.5. Syllabus:**

*I - Response functions*

*( Linear response; Relation between correlation function and experimental measurements )*

*II - Green's functions (Equation of motion; Imaginary time formalism; Path integral for a many-particle system)*

*III - Perturbation theory (System with disorder - Conductivity; Screening; Cooper instability )*

*IV - Interacting Particles (Bosons - Superfluidity from the path integral; Fermions:Fermi Liquid Theory;*

*Superconductivity and derivation of Landau theory from the path integral; )*

*V - Quantum Phase Transitions (Hertz Millis Theory; Dynamic exponents*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50%: exame final.*

*30%: avaliação continua através de projectos em grupo e apresentações em aula.*

*20% avaliação continua através da resolução de séries de exercícios (em aula e/ou como trabalho de casa).*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):****50%: final exam****30%: continuous assessment via group project resolution and presentation in class.****20% continuous assessment via resolution of series of exercise (in class and/or homework).****4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*****4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:*****The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*****4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:*****Condensed Matter Field Theory, Alexander Altland and Ben Simons, #, Cambridge University Press ; Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics, H. Bruus and K. Flensberg, #, #; Many-Particle Physics, Gerald D. Mahan, #, Plenum Press ; Quantum Thoery of Many-Particle Systems, A.L. Fetter and J.D. Walecka, #, #; Interacting Electrons and Quantum Magnetism, Assa Auerbach, #, Springer Verlag; Green's Function in Solid State Physics, Doniach and Sondheimer, #, #; Quantum Many-Particle Systems, Negele and Orland, #, #; Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics, Abrikosov, Gorkov and Dzyaloshinski, #, #; Field Theories of Condensed Matter Systems, E. Fradkin, #, #; Renormalization-group approach to interacting fermions, R. Shankar, 1994, Rev. Mod. Phys. 66, 129 ; Quantum Condensed Matter Field Theory, lecture notes, Ben Simons, #, #; An Introduction to Quantum Field Theory, Peskin and Schroeder, #, #*****Mapa IV - Técnicas de Diagnóstico em Plasmas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:*****Técnicas de Diagnóstico em Plasmas*****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Diagnostic Techniques in Plasmas*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****FPLFN*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****(42.0) T-14; PL-28*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

*ist23913, Carlos Alberto Nogueira Garcia da Silva, 42.0h*

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

*<sem resposta>*

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

*Proporcionar aos alunos uma formação abrangente nas técnicas de diagnóstico e análise de dados usadas na física experimental de plasmas.*

*Garantir a aplicação dos conhecimentos adquiridos em ambiente de laboratório (nomeadamente de investigação), também para permitir o confronto com problemas reais de física dos plasmas.*

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

*Provide students with a comprehensive training in diagnostic and data analysis techniques applied in experimental plasma physics.*

*Apply the acquired knowledge in a laboratory environment (namely at research level), also to expose the students to real problems in plasma physics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Descrição geral das técnicas de diagnósticos usadas nos vários domínios da Física e Engenharia dos Plasmas (fusão nuclear, plasmas de baixa temperatura e interação laser-plasma).*

*Descrição detalhada e abordagem experimental (em laboratório) de várias técnicas incluindo: sondas eléctricas e magnéticas, reflectometria, interferometria e espectroscopia.*

*Descrição das técnicas de análise de sinais necessárias para a interpretação dos resultados experimentais (aplicados a fenómenos físicos específicos como turbulência, MHD e interação laser-plasma).*

**4.4.5. Syllabus:**

*General description of the main diagnostic techniques used in the different domains of Plasma Physics and Engineering (nuclear fusion, low temperature plasmas and laser-plasma interaction).*

*Detailed description and experimental use of the following techniques (in laboratory environment): electrical and magnetic probes, reflectometry, interferometry and spectroscopy.*

*Description of the signal analysis techniques required to interpret the experimental results (applied to specific physics phenomena such as turbulence, MHD and laser-plasma interaction).*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*100% Avaliação contínua baseada na apresentação dos resultados e análise crítica dos trabalhos experimentais sob a forma de relatórios e/ou apresentação oral.*

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

*100% Continuous assessment based on presentation of results and critical analysis of experimental work in the form of reports and / or oral presentation.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the*

*knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Principles of Plasma Diagnostics, I. H. Hutchinson, 2005, Cambridge University Press ; Principles of Plasma Spectroscopy, H.R. Griem, 1997, Cambridge University Press ; Spectral analysis and time series, M. B. Priestley, 1981, Academic Press*

**Mapa IV - Serviços de Energia**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Serviços de Energia*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Energy Services*

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

*FInter*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) T-42*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12891, Luís Filipe Moreira Mendes, 7.0h*

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

*ist23960, Carlos Augusto Santos Silva, 35.0h*

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

*Dotar os alunos com os conceitos necessários para o desenvolvimento de novas soluções na área de serviços de energia;*

*Recolher, guardar, processar e analisar de dados de sistemas de energia;*

*Implementar algoritmos para a extracção de novo conhecimento dos dados de energia (análise estatística, aprendizagem máquina)*

*Desenvolver novas soluções, como previsão de consumos de energia, segmentação de consumidores, identificação de falhas, representação de dados.*

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

**Understand the concepts to develop new solutions for energy services**  
**Collect, store, process and analyse energy systems data;**  
**Implement algorithms to extract new knowledge from energy data (statistical analysis, machine learning)**  
**Develop new solutions, like forecast energy consumption, segment energy users, fault identification, data representation.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1 – Introdução aos sistemas de energia. Revisão de conceitos e definições. Definição de serviços de energia**
- 2 - Introdução aos conceitos de ciência de dados (Big Data, IOT, Machine Learning, etc)**
- 3 – Aquisição e processamento de dados de energia e variáveis complementares.**
- 4 – Introdução à base de dados. Construção de uma base de dados de energia**
- 5 – Pre-processamento de dados e análise exploratória de dados usando métodos estatísticos**
- 6 - Algoritmos de extracção de conhecimento de dados**
- 6 – Algoritmos de aprendizagem para construção de modelos de previsão de energia**
- 7 – Representação de dados de energia**
- 8 – Desenvolvimento de ferramentas para serviços de energia (diferentes aplicações)**

**4.4.5. Syllabus:**

- 1 – Introduction to energy systems. Review of concepts and definitions. Definitions of energy services**
- 2 - Introduction to data science concepts (Big Data, IOT, Machine Learning, etc)**
- 3 – Energy data and related variables acquisition and processing.**
- 4 – Introduction to data bases. Development of an energy data base.**
- 5 – Data pre-processing and exploratory data analysis.**
- 6 - Algorithms for knowledge extraction**
- 6 – Algorithms for energy consumption forecast**
- 7 – Energy data representation**
- 8 – Development of new tools for energy services (different applications)**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

**Avaliação por projecto computacional individual (50%), apresentação (10%) e dois mini-testes (40%)**

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

**Individual computational project (50%), presentation (10%) and two mini-tests (40%)**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Sustainable Cloud and Energy Services, Principles and Practice, Rivera, Wilson (Ed.), 2018, Springer; Machine Learning Mastery With Python: Discover The Fastest Growing Platform For Professional Machine Learning With Step-By-Step Tutorials and End-To-End Projects, Jason Brownlee, 2020, Machine Learning MAstery**

**Mapa IV - Estágio em Tecnologias da Física Nuclear, Partículas Ou Radiação****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Estágio em Tecnologias da Física Nuclear, Partículas Ou Radiação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Internship in Nuclear, Particle Physics Or Radiation Physics Technologies*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) E-21*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist24591, Patrícia Carla Serrano Gonçalves, 14h*

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

*ist45381, Pedro Jorge dos Santos de Assis, 7h*

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

*Desenvolver trabalho autónomo em ambiente tecnológico no desenvolvimento de um projeto que pode ser:*

*- baseado na simulação da interação da radiação com a matéria que corresponda a uma aplicação tecnológica ou para investigação e desenvolvimento, utilizando ferramentas de simulação baseadas em Geant4;*

*- baseado no desenvolvimento de sistemas de deteção integrados de aquisição e processamento de dados, para aplicações científicas e desenvolvimento tecnológico em várias áreas, como ambiente, saúde, espaço e novos materiais*

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

*Develop autonomous work in a technological environment in the development of a project that can be - the simulation of radiation interaction with matter for a given technological or R&D application using Geant4 based simulation tools;*

*- based on the development of integrated data acquisition and processing detection systems for scientific applications and technological development in various areas such as environment, health, space and new materials.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Desenvolvimento de simulações de interação de radiação com matéria baseada em Geant4 para estudo e*

*desenvolvimento de experiências de física nuclear ou física de partículas ou para aplicações biomédicas e espaciais.*

*Desenvolvimento de instrumentação para experiências de Física de Partículas e Física Nuclear ou para aplicações ou medida de radiação.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Development of radiation interaction simulations with matter based on Geant4 for Particle and Nuclear Physics application and for Biomedical and Space Applications.*

***Development of instrumentation applications for Particle Physics and Nuclear Physics experiments and in the area of radiation applications and measurement.***

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
***Relatório de Estágio (50%) + Apresentação final e demonstração (50%)***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
***Internship Report (50%) + Final Presentation and proof of concept (50%)***

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
***Radiation Detection and Measurement, C. F. Knoll, 2000, John Wiley ; Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach, Leo, William R., 1987, Springer***

#### **Mapa IV - Energia Solar Fotovoltaica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Energia Solar Fotovoltaica***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Photovoltaic Solar Energy***

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

**4.4.1.3. Duração:**  
***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
***(49.0) T-42; OT-7***

**4.4.1.6. ECTS:**  
***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12891, Luís Filipe Moreira Mendes, 12.5h*

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

*ist11575, José Ferreira de Jesus, 24.5h*

*ist25461, Katharina Lorenz, 12.0h*

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

*Quando terminar a unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:*

- selecionar e utilizar os tipos de dados e os modelos de radiação solar mais apropriados para cada tipo de aplicação;*
- identificar os processos físicos envolvidos na captação e conversão da energia solar em energia eléctrica;*
- interpretar os resultados da certificação dos módulos fotovoltaicos;*
- avaliar do ponto de vista técnico a oferta comercial de produtos e sistemas fotovoltaicos;*
- projetar sistemas standard assim como desenvolver sistemas de raiz para satisfazer necessidades de energia concretas.*

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

*At the end of the course, the student will be able to:*

- select and use the solar radiation data and models better suited for each application;*
- recognize the physics of the solar cells;*
- interpret the results of the photovoltaic modules certification;*
- technically evaluate commercial solar modules and systems;*
- design standard photovoltaic systems as well as new systems to fulfil specific energy needs.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. Radiação solar****1.1. Geometria e componentes da radiação solar****1.2. Instrumentos de medida, tipos de dados e modelos de previsão de radiação****1.3. Irradiância efetiva****2. Semicondutores****2.1. Estrutura cristalina e bandas de energia****2.2. Densidade de estados****2.3. Concentração de portadores em equilíbrio****2.4. Absorção de luz****2.5. Recombinação****2.6. Transporte de portadores****2.7. Eletrostática do diodo de junção pn****3. Células fotovoltaicas****3.1. Taxa de geração****3.2. Característica I-V****3.3. Propriedades das células eficientes****3.4. Materiais semicondutores para aplicações fotovoltaicas****4. Energia captada e fornecida por módulos fotovoltaicos****4.1. Comportamento do gerador fotovoltaico em condições reais de funcionamento****4.2. Sistemas fotovoltaicos isolados e ligados à rede eléctrica****4.3. Principais componentes dos sistemas****4.4. Princípios de projeto de sistemas****4.5. Fiabilidade e dimensionamento de sistemas isolados****4.6. Dimensionamento de sistemas interligados com a rede eléctrica****4.4.5. Syllabus:****1. Solar radiation****1.1. Geometry and components of solar radiation****1.2. Measuring instruments, solar radiation data and solar radiation models****1.3. Effective irradiance****2. Semiconductors**

- 2.1. *Crystal structure and energy band structure*
- 2.2. *Densities of states*
- 2.3. *Equilibrium carrier concentrations*
- 2.4. *Light absorption*
- 2.5. *Recombination*
- 2.6. *Carrier transport*
- 2.7. *pn-junction diode electrostatics*
- 3. *Solar Cells*
- 3.1. *Generation rate*
- 3.2. *I-V characteristic*
- 3.3. *Properties of efficient solar cells*
- 3.4. *Semiconductor materials for photovoltaics application*
- 4. *Energy Collected and Delivered by PV modules*
- 4.1. *PV generator behavior under real operation conditions*
- 4.2. *Offgrid and Ongrid PV systems*
- 4.3. *Key System Components*
- 4.4. *Principles of System Design*
- 4.5. *Reliability and sizing of stand-alone PV systems*
- 4.6. *Energy yield of grid connected PV systems*

4.4.6. **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

4.4.6. **Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
 1 projeto - 30%  
 4 mini-testes, dos quais contam as três melhores notas - 20%  
 1 Exame - 50%

4.4.7. **Teaching methodologies (including students' assessment):**  
 1 project - 30%  
 4 mini-tests, the best 3 are taken into account for the grading - 20%  
 1 Exam - 50%

4.4.8. **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

4.4.8. **Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

4.4.9. **Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Solar Engineering of Thermal Processes, John Duffie and William Beckman, 2013, John Wiley & Sons; Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Antonio Luque and Steven Hegedus (Editores), 2011, John Wiley & Sons; Semiconductor Physics and Devices, Donald A. Neamen, 2003, McGraw-Hill; Renewable and Efficient Electric Power Systems, Gilbert Masters, 2013, Wiley; Planning and Installing Photovoltaic Systems: a guide for installers, architects and engineers, German Solar Energy Society, 2008, Edition Earthscan*

#### Mapa IV - Estrutura Electrónica dos Sólidos

4.4.1.1. **Designação da unidade curricular:**  
*Estrutura Electrónica dos Sólidos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Electronic Structure of Solids*

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

*FMCNano*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(24.5) TP-24.5*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist13146, José Luís Rodrigues Júlio Martins, 24.5h*

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

*<sem resposta>*

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

*O objectivo da estrutura electrónica dos sólidos é calcular e compreender as propriedades dos materiais partindo das equações da mecânica quântica. Será dada grande ênfase à capacidade dos alunos de usar esses métodos para calcular propriedades de materiais em casos simples.*

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

*The aim of lectronic structure theory is the calculation and understanding of materials properties from quantum mechanics. The capacity of performing calcluations of properties for simple systems will be important.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I - Teoria da funcional da densidade. Potenciais efectivos. II - Métodos de estrutura de bandas. Ondas-planas, orbitais localizados e funções aumentadas. Aplicação ao silício e aos metais de transição. III - Breve introdução aos métodos computacionais de "muitos-corpos" em sólidos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I - Density functional theory. Effective potentials. II - Band structure: Plane-waves, local orbitals, augmented waves. III - Short introduction to many-body methods.*

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

*Os conteúdos programáticos correspondem às bases de conhecimento necessário à compreensão das propriedades dos materiais a partir das equações da mecânica quântica*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*As aulas serão teórico práticas com uma componente teórica expositiva do docente e uma componente prática com os alunos a resolverem problemas. As fichas são iniciadas nas aulas e completadas na sua parte computacional em casa. Avaliação: Fichas (50%) + Exame Final (50%)*

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

*Homework (50%) + Final exam (50%)*

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

*O uso de fichas com componemte computacional corresponde ao objectivo dos alunos usarem esses métodos para calcular propriedades de materiais.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Quantum Theory of Materials, Efthimios Kaxiras and John D. Joannopoulos, 2019, ISBN 9781139030809.  
Electronic Structure, Richard M. Martin, 2004, ISBN 0-521-78285-6; Teoria Quântica de Moléculas e Sólidos, J.D.M. Vianna, A. Fazzio, S. Canuto , 2004 , ISBN 85-88325-16-0; Electronic Structure and the Properties of Solids, W.A. Harrison , 1980, ISBN 0-486-66021-4*

**Mapa IV - Física Nuclear****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física Nuclear*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nuclear Physics*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-28; TP-14; OT-7*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12091, Maria Teresa Haderer de la Peña Stadler, 17h*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***ist90932, Alfred Stadler, 14h**ist34385, Elmar Biernat, 18h***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Gerais: Prever as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo. Garantir formação científica avançada e profunda no domínio que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.**Específicos: Compreender o comportamento emergente dos núcleos, a sua estrutura interna e a sua variabilidade, a partir de aspectos quantitativos da interação nuclear, de diferentes decaimentos radioactivos, de reacções nucleares, da conservação da energia e de números quânticos; identificar o valor desse conhecimento para a nossa compreensão do universo e a sua evolução, bem como para as aplicações (imagiologia e terapia de cancro, investigação ambiental, caracterização de materiais, história da arte e património); introduzir temas de fronteira de investigação atual na área e temas em aberto.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***General: Predict the consequences of a variety of phenomena with calculational tools. Ensure advanced and thorough scientific training in the field that allows disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.**Specific: Understand the emergent behavior of nuclei and the variability of their structure, from quantitative aspects of the nuclear interaction, different radioactive decay processes and nuclear reactions, conservation of energy and quantum numbers; Identify the value of this knowledge for our understanding of the origin and evolution of the universe, and applications (medical imaging and cancer therapy, environmental research, characterization of materials, art history and heritage); Introduce current research topics and open questions in the area.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1) Núcleos e a sua descrição quântica: Núcleos, nucleões e quarks.**2) A interação forte e a interação entre nucleões: Características gerais; interação spin-spin e interação tensorial na força nuclear; dispersão nuclear e secção eficaz.**3) Estrutura nuclear: Momentos electromagnéticos dos núcleos; recentes avanços experimentais; modelos recentes da era da supercomputação, e.g. NCSM (No-Core Shell Model).**4) Decaimento nuclear e radioactividade: teoria quântica dos diferentes tipos de decaimentos.**5) Reações nucleares: reacções de núcleo composto e directas; reacções ressonantes; secção eficaz inelástica; modelo geométrico para a dispersão; captura ressonante de Neutrões; activação de radioactividade; aplicações.**6) Astrofísica Nuclear e formação de núcleos pesados, fusão nuclear, processos s- and r-; eventos cósmicos violentos; estrelas de neutrões; núcleos exóticos e feixes radioactivos.***4.4.5. Syllabus:***1) Nuclei and their quantum description: Nuclei, nucleons and quarks.**2) The strong interaction and the interaction between nucleons: General features; Spin-spin and tensor terms in nuclear force; nuclear dispersion and cross section.**3) Nuclear Structure: Electromagnetic moments of nuclei; recent experimental advances, recent Models of the Age of Supercomputing, e.g. NCSM (No-Core Shell Model).**4) Nuclear decay and radioactivity: quantum theory of different types of decays; calculation of decay probabilities.**5) Nuclear reactions: Composite and direct nuclear reactions; resonant reactions; inelastic cross section; geometric model for the scattering cross section; resonant Neutron Capture and radioactivity activation; Applications.**6) Nuclear astrophysics and formation of heavy nuclei: nuclear fusion, s- and r- processes; violent cosmic events; neutron stars; radioactive beams and exotic nuclei.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os métodos de ensino são concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A resolução de problemas práticos, permite o confronto com problemas reais.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***The syllabus contents cover the main structuring concepts of the UC theme; theoretical-practical applications, numerical and / or computational, allow the student to review and deepen knowledge, as well as acquire new knowledge useful to his or her activity as an engineer, enabling him or her for other learning through autonomous research.***4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, a aprendizagem*

**activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante.**

**30% avaliação contínua por fichas de problemas, apresentações orais curtas e/ou discussões de resolução**

**30% por trabalho de computação e respectivo relatório e apresentação curta.**

**40% exame**

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

**Teaching methodologies aim to foster problem-based learning, active learning, autonomous work and student accountability.**

**30% continuous assessment by problem series, short oral presentations, and/or discussions**

**30% assessment by computer work and its report and short presentation.**

**40% exam**

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

**Os métodos de ensino são concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos e problemas, permite o contacto com aplicações e temas de investigação em Física Nuclear.**

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

**Teaching methods are designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. Problem solving allows to deal with concrete and real examples of applications and current research in Nuclear Physics.**

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

**Introductory Nuclear Physics, Krane, K. S., 1987, J. Wiley; Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics, Second Ed., K. Heyde, 1999, Inst. of Physics**

**Mapa IV - Tecnologias a Plasma para o Processamento de Materiais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Tecnologias a Plasma para o Processamento de Materiais**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Plasmas Technology for Material Processing**

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

**FPLFN**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**(42.0) T-14;TP-28**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6.0**

**4.4.1.7. Observações:**

**<sem resposta>**

**4.4.1.7. Observations:**

**<no answer>**

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

*ist12747, Luís Paulo Da Mota Capitão Lemos Alves, 21h*

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

*ist14366, Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas, 21h*

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

*Oferecer formação específica na área das tecnologias de plasma, correntemente utilizadas no processamento de materiais. Permitir um contacto dos alunos com várias configurações de reactores a plasma, garantindo-lhes formação especializada que os torne aptos a:*

- *compreender o seu funcionamento básico*
- *abordar a sua modelização preditiva*
- *manipular alguns reactores a plasma, para processamento de materiais*

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

*To provide specific training in plasma technology for material processing. To present different plasma reactors, while ensuring a specific training that allows*

- *understanding the main operation features of plasma reactors*
- *approaching the predictive modelling of plasma reactors*
- *operating some plasma reactors for material processing*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**1. Introdução**

- *Características gerais dos plasmas de descarga*
- *Reactores a plasma para o processamento de materiais: esquema e classificação geral*

**2. Reactores capacitivos de radio-frequência**

- *Características de operação*
- *Análise das bainhas de carga de espaço*
- *Modelo homogéneo 1D duma descarga ccrf*
- *Circuito de acoplamento*
- *Potência acoplada ao plasma*
- *Dinâmica dos iões nas bainhas*
- *Exemplo de aplicação: pecvd de a-Si:H*

**3. Processamento com plasmas reativos**

- *Processamento de materiais a plasma: classificação e exemplos*
- *Interações em volume: mecanismos colisionais e equações de balanço*
- *Interação plasma-superfície: mecanismos gerais*
- *Processos de gravura, deposição, sputtering*

**4.4.5. Syllabus:**

**1. Introduction**

- *General characteristics of discharge plasmas*
- *Plasma reactors for material processing: scheme and general classification*

**2. Capacitively Coupled Radio Frequency Reactors**

- *Operation features*
- *Analysis of space-charge sheaths*
- *Homogeneous 1D model of a ccrf discharge*
- *Match box*
- *Power coupled to the plasma*
- *Ion dynamics within the sheaths*
- *Application example: pecvd of a-Si:H*

**3. Reactive Plasma-assisted Processing**

- *Plasma-assisted material processing: classification and examples*
- *Volume interactions: collision mechanisms and balance equations*
- *Plasma-surface interaction: general mechanisms*
- *Etching, deposition, sputtering processes*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points*

*(point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Seminários realizados pelos alunos (40%), sobre tópico proposto no início do trimestre  
2 séries de problemas (30%), realizadas durante o trimestre  
1 trabalho de laboratório (30%), realizado no INESC-MN*

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

*Student seminars (40%) on topic proposed at the beginning of the quarter  
2 series of problems (30%), performed during the quarter  
1 laboratory work (30%), performed at INESC-MN*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Lecture Notes on Principles of Plasma Processing, F. F. Chen e J.P. Chang, 2003, Kluwer Academic / Plenum Publishers (ISBN: 0-306-47497-2); Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, M. A. Lieberman e A. J. Lichtenberg, 1994, John Wiley (ISBN: 0-471-00577-0); Handbook of Advanced Plasma Processing Techniques, R. J. Shul e S. J. Pearton (eds.), 2000, Springer (ISBN: 3-540-66772-5)*

**Mapa IV - Dosimetria e Blindagem das Radiações**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Dosimetria e Blindagem das Radiações*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Radiation Dosimetry and Shielding*

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

*TNPR*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(49.0) T-28; TP-21*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
*ist12286, José Pedro Miragaia Trancoso Vaz, 40h*

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:  
*TA1, 9h*

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

*Desenvolver e aprofundar os conhecimentos, aptidões e competências em:*

- *Aspectos do sistema internacional de Proteção Radiológica*
- *Grandezas dosimétricas: grandezas físicas e a sua relação com dose absorvida; grandezas de proteção e operacionais*
- *Métodos e técnicas de cálculo, avaliação e medição de doses de radiação ionizante nas suas múltiplas aplicações*
- *Tópicos de dosimetria das aplicações médicas, industriais e científicas das radiações ionizantes*
- *Aspectos operacionais da Proteção Radiológica e Dosimetria, com estudo e manipulação de sistemas de deteção e de monitorização de radiações*
- *Relação entre risco radiológico e dose*
- *Perceção, avaliação e comunicação do risco radiológico*
- *Microdosimetria e nanodosimetria*

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

*To strengthen and to develop knowledge, skills and competences in:*

- *Aspects of the international system of Radiological Protection*
- *Methods and techniques for the calculation, assessment and measurement of ionizing radiation doses, in multiple applications*
- *Dosimetry issues in the medical, industrial and scientific applications of ionizing radiation*
- *Operational aspects of Radiation Protection and Dosimetry, with study and manipulation of radiation detection and monitoring systems*
- *Relationship between radiological risk and dose*
- *Radiological risk perception, assessment and communication*
- *Microdosimetry and Nanodosimetry*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *O sistema internacional de Proteção Radiológica; estudos epidemiológicos, risco radiológico*
- *Introdução dos conceitos, grandezas e unidades radiométricas e dosimétricas fundamentais*
- *Grandezas da proteção e grandezas operacionais*
- *Dosimetria externa*
- *Dosimetria interna e modelos biocinéticos*
- *Dosimetria de fótons e dosimetria de neutrões*
- *Dosimetria de partículas carregadas*
- *Dosimetria das aplicações médicas das radiações ionizantes*
- *Proteção radiológica do paciente nas exposições médicas das radiações ionizantes*
- *Dosimetria das aplicações industriais das radiações ionizantes*
- *Metodologias de cálculo e dimensionamento de blindagens contra radiações*
- *Dosimetria computacional: simulação por métodos Monte Carlo*
- *Microdosimetria e nanodosimetria: conceitos básicos*

4.4.5. Syllabus:

- *The international system of Radiological Protection; epidemiological studies; radiological risk*
- *Introduction to fundamental concepts, units and radiometric and dosimetric quantities*
- *Protection quantities and operational quantities*
- *External dosimetry*
- *Internal dosimetry and biokinetic models*
- *Photon dosimetry and neutron dosimetry*
- *Charged particle dosimetry*
- *Dosimetry of the medical applications of ionizing radiation*
- *Radiation Protection of the patient in the medical exposures to ionizing radiation*
- *Dosimetry of the industrial applications of ionizing radiation*
- *Shielding assessment and shielding design methodologies*
- *Computational dosimetry: Monte Carlo simulation methods*
- *Microdosimetry and Nanodosimetry: basic concepts*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Nesta Unidade Curricular, são abordados todos os tópicos anteriormente referidos, do ponto de vista teórico mas com uma forte componente prática, de resolução de problemas. São também discutidos e analisados "case studies" específicos de aplicações das radiações ionizantes, nomeadamente na Saúde e Indústria, que lhes permitem desenvolver:*

- i) Uma correta perceção e avaliação do risco radiológico,*
- ii) A capacidade de avaliação e quantificação das doses de radiação ionizante a que estão expostos profissionais (aplicações médicas, industriais, de engenharia, dos serviços, etc.) e pacientes (nas aplicações médicas)*
- iii) Conhecimentos sobre a operacionalização e implementação nos locais de trabalho dos princípios de Proteção e Segurança Radiológica*

*Os estudantes desenvolverão novas aptidões e competências que lhes permitirão desempenhar com eficácia as suas funções e obrigações de âmbito da dosimetria e de blindagens, nos seus ambientes de trabalho.*

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

*In this Curricular Unit, the aforementioned topics are addressed from the theory point of view but with a strong practical and problems solving component. Case studies specific of the applications of ionizing radiation, namely in Health and industry, are discussed and analysed, with the overarching goal to develop students':*

- i) Correct perception and assessment of the radiological risk*
- ii) Capacity of evaluation and quantification of ionizing radiation doses to which professionals (medical applications, industrial applications, engineering, services etc.) and patients (in the medical applications) are exposed*
- iii) Knowledge about the Radiation Protection and Safety operational and implementation issues at stke in the workplaces*

*Students will develop new skills and competence that will allow the efficiently undertake their dosimetry and shielding related duties in their workplaces.*

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

*Aulas teóricas complementadas por aulas de resolução de problemas, de discussão de "case studies" e por aulas laboratoriais de demonstração durante as quais os estudantes manipularão equipamentos de monitorização e deteção de radiação ionizante.*

*A avaliação incluirá séries de problemas (30%) em tópicos de dosimetria e blindagem das radiações, sendo, 2 testes intercalares (20% cada) e um exame final (30%).*

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

*Theory classes will be complemented with practical problem solving classes and discussion of case studies as well as laboratory demonstration sessions during which students will manipulate ionizing radiation monitoring and detection systems.*

*The assessment will include series of problems (30%), 2 intermediate exams (20% each) and a final exam (30%).*

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

*A caracterização dosimétrica de práticas que utilizam radiações ionizantes e a quantificação e avaliação, do ponto de vista da dose e do risco radiológico associado, das exposições de profissionais e pacientes (no caso das aplicações médicas) requer a observância dos princípios fundamentais do Sistema Internacional de Proteção Radiológica mas também a familiarização com a operação de equipamentos produtores de radiação e com a manipulação de radionuclídeos e radiofármacos assim como equipamentos e sistemas de monitorização e deteção de radiação ionizante.*

*Nesta Unidade Curricular a metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e de discussão de "case studies". Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The dosimetric characterization of the practices using ionizing radiation and the quantification and assessment of the dose and associated radiological risk arising from the exposure of professionals and patients implies compliance to the fundamental principles of the International System of Radiation Protection, as well as the familiarization with the equipment producing ionization radiation, with the manipulation of radionuclides and radiopharmaceuticals and with radiation monitoring equipment and radiation detection systems.*

*The dosimetric characterization of the practices using ionizing radiation and the quantification and assessment of the dose and associated radiological risk arising from the exposure of professionals and patients implies compliance to the fundamental principles of the International System of Radiation Protection, as well as the familiarization with the equipment producing ionization radiation, with the manipulation of radionuclides and radiopharmaceuticals and with radiation monitoring equipment and radiation detection systems.*

*In this Curricular Unit, the teaching methodology is based on the transfer of theory as well as practical concepts with*

***the intensive use of demonstration classes and case studies. This approach will allow not only fulfill the objectives and will help leveling the knowledge of students from different education and training backgrounds.***

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

***"Atoms, Radiation and Radiation Protection" (3rd edition), James E. Turner, 2007, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co;  
"Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry", Frank Herbert Attix, 2004, Verlag GmbH & Co;  
"Radiation Protection: A Guide for Scientists, Regulators and Physicians" (4th edition), Jacob Shapiro, 2002, Harvard University Press***

**Mapa IV - Buracos Negros e Ondas Gravitacionais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Buracos Negros e Ondas Gravitacionais***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Black Holes and Gravitational Waves***

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

***AstGrav***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***(49.0) T-28; TP-21***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist30771, Vítor Manuel dos Santos Cardoso, 14.7h***

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

***ist427844, David Hilditch, 17.15h***

***ist427818, Miguel Zilhão, 17.15h***

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

***A física de buracos negros, ondas gravitacionais e de espaço-tempo curvo tem tido um impacto em ciência enorme nos últimos anos, e está relacionada com alguns dos desenvolvimentos mais importantes, quer a nível teórico quer observacional. Esta unidade vai familiarizar os alunos com a física de buracos negros, algumas das suas principais propriedades, bem como o impacto que tem em física de ondas gravitacionais e toda a actividade recente na área.***

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

***Some of the most exciting developments in theoretical and observational physics relate to black holes, gravitational waves and curved spacetimes. The course aims to familiarize students with some of the main properties of black holes, some of the issues in contemporary research and the main tools in gravitational-wave physics.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Colapso gravitacional (Anãs brancas e estrelas de neutrões; colapso de Oppenheimer-Snyder; geodésica e parametrização afim; simetrias e vectores de Killing; buracos negros e brancos)*  
*Buracos negros de Schwarzschild (Definição; hipersuperfícies nulas; horizontes de Killing; gravidade de superfície e temperatura de Hawking; diagramas de Carter-Penrose e compactificação conforme; o horizonte de eventos; buracos negros e singularidades nuas; buracos negros com carga e rotação; horizontes de Cauchy; arrastamento de sistemas de referência e ergoregiões; unicidade: os resultados de Israel, Carter e Robinson; censura cósmica)*  
*Ondas gravitacionais (Linearização das equações; simetria de gauge; a equação de onda; a gauge TT; Interação entre OGs e partículas pontuais; Descrição na gauge TT e em queda livre;*  
*Tensor energia efectivo; Geração de OGs; energia, momento linear e angular radiados; Aplicação a sistemas binários; análise de dados)*

**4.4.5. Syllabus:**

*Gravitational Collapse (White Dwarfs and Neutron Stars; Oppenheimer-Snyder Collapse; geodesics and affine parameterization; Symmetries and Killing Vectors; Black and White Holes)*  
*Schwarzschild Black Holes (Definition; Null Hypersurfaces; Killing Horizons; Surface Gravity and Hawking Temperature; Carter-Penrose Diagrams and Conformal Compactification; The Event Horizon; Black Holes vs. Naked Singularities; Electrically charged and rotating black holes; Cauchy horizons; Frame dragging and ergoregions; Uniqueness: the Israel and Carter Robinson results; Cosmic Censorship)*  
*Gravitational waves (Linearization of field equations; gauge symmetry; Wave equation; TT gauge; Interaction of GWs with point particles; Description in TT gauge and free-falling frame;*  
*Effective stress-energy tensor of GWs; Generation of GWs; Radiated energy, angular and linear momentum; Application to binary systems; templates for data analysis)*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50%: exame final*  
*50%: avaliação contínua através de projecto de grupo, apresentações ou testes*

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

*50%: final exam*  
*50%: continuous assessment via group project resolution, presentations in class or tests.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*<https://arxiv.org/pdf/gr-qc/9707012.pdf>, Peter Townsend , #, #; <https://arxiv.org/abs/0709.4682v1>, Alessandra Buonanno, #, #; Gravity: Newtonian, Post-Newtonian, Relativistic, Eric Poisson and Clifford Will , 2015, Cambridge University Press; Gravitational waves, Michele Maggiore , 2016, Oxford University Press; General Relativity, Robert Wald , 1984 , University of Chicago Press; Introducing Einstein's Relativity, Ray D'Inverno , 1993, Clarendon Press*

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Modelo Standard*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Standard Model*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) T-28;TP-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist23590, Luís Manuel Balio Lavoura, 52h*

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

*<sem resposta>*

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

*Adquirir um domínio introdutório do Modelo Standard de unificação electro-frac, dando ênfase também a algumas questões em aberto.*

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

*Getting an introduction to the Standard Model of Unification of the electromagnetic and weak interactions, with emphasis also on some open questions.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I. Introdução. Simetrias globais e locais e a sua quebra espontânea. Teoremas de Noether e de Goldstone. Mecanismo de Higgs. Simetrias de gauge não-Abelianas. II. O Modelo Standard (SM). Lagrangeano, vértices e propagadores. Correntes carregadas e neutras. Acoplamentos de Yukawa e massa dos fermiões. Matriz de CKM. III. Algumas extensões do SM. Massa de neutrinos e oscilações. Sistemas Multi-Higgs.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I. Introduction. Global, local symmetries and their spontaneous breaking. Noether's theorem. Goldstone theorem. Higgs mechanism. Non-abelian gauge symmetries. II. The Standard Model (SM). The SM Lagrangian. Charged and Neutral Currents. Yukawa couplings and fermion masses. The CKM matrix. III. Extensions of the SM. Neutrino masses and oscillations. Multi-Higgs systems. Other current research topics.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Avaliação 100% por Exame*

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

*50% - 100% grading during the semester with 2 or 3 minitests (during the TP classes) or 0% - 100% Exam*

*[Provided there are adequate teaching assistant resources, the lecturer may opt to substitute tests for problem series.]*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos, conjugada com alguns exercícios, alguns deles a ser resolvidos na aula. A abordagem auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*An Introduction to Gauge Theories and Modern Particle Physics, E. Leader and E. Predazzi, 1996, Cambridge Univ. Press*

**Mapa IV - Métodos Experimentais em Física de Partículas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Métodos Experimentais em Física de Partículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Experimental Methods in Particle Physics*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) TP-14;PL-28*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

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

*ist45381, Pedro Jorge dos Santos de Assis, 21h*

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

*ist150921, Ruben Mauricio da Silva Conceição, 21h*

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

*Adquirir conhecimentos sobre temas avançados em Física Experimental de Partículas. Adquirir conhecimentos e prática sobre métodos de deteção, de análise e de simulação de dados em experiências de Física das Partículas.*

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

*To acquire knowledge in advanced Experimental Particle Physics subjects. To acquire knowledge and skills concerning detection, analysis and simulation methods in Particle Physics and Nuclear experiments.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Detectores em Física de Partículas e Nuclear: Medição de posição: câmaras proporcionais multifios (MWPC); câmaras de deriva, câmaras de projecção temporal (TPC); câmaras de microstrips. Medição de tempo: fotomultiplicadores (PM) e PMsmultianódicos; cintiladores e guias de luz. Medição de velocidade: medição de tempo de voo (TOF); detectores Cherenkov de limiar, diferenciais e de anel (RICH); detectores de radiação de transição. Medição de energia: calorímetros electromagnéticos; calorímetros hadrónicos. Medição de momento: magnetes deflectores -- dipolo; solenoide; toroide com centro de ferro e de ar. Espectrómetros, simples e duplos. Associação de diferentes tipos de deteção: identificação de partículas. Métodos de calibração de detectores.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Detectors in Particle and Nuclear Physics: Measurement of position: multiwire proportional chambers; drift chambers; time projection chambers; microstrip chambers. Measurement of time: photomultipliers and multi-anode photomultiplier tubes; scintillators and guidelights. Measurement of speed: time of flight detectors; threshold, differential and ring Cherenkovs; transition radiation detectors. Measurement of energy: electromagnetic and hadronic calorimeters. Measurement of moment: deflecting magnets – dipole; solenoid; iron and air core toroid. Spectrometers: single and double stage. Association of different types of detection: particle identification. Methods of detector calibration.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Apresentação e discussão sobre trabalho*

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

*Presentation and discussion on the work developed*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Particle Detectors, C.Grupen, B. Shwartz , 2011, Cambridge University Press; Experimental Techniques in High Energy Physics, Th. Ferbel et al. , 1987 , Addison-Wesley Publishing Co.; Probability and Statistics in Experimental Physics, B.P. Roe , 2001, #*

**Mapa IV - Teoria de Grupos em Física I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Teoria de Grupos em Física I*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Group Theory in Physics I*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) T-14; TP-7*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist31890, Ivo de Medeiros Varzielas, 21h*

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

*<sem resposta>*

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

*Familiarizar os alunos com ferramentas de teoria de grupos necessárias em Física Moderna, focando em teoria de grupos básica e grupos discretos.*

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

*Familiarizing students with group theoretical tools required in Modern Physics, with a focus on basic group theory and discrete groups.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I. Introdução.  
II. Teoria de grupos básica.  
III. Representações de Grupos e suas propriedades.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I. Introduction.*

**II. Basic group theory.**

**III. Group representations and their properties.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*100% Exame*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*100% Exam*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Group Theory in Physics, Wu-Ki Tung, #, World Scientific*

#### **Mapa IV - Tecnologias Energéticas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Tecnologias Energéticas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Energy Technologies*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(49.0) T-42; OT-7*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist12891, Luís Filipe Moreira Mendes, 49.0h*

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

<sem resposta>

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

*Quando terminar a unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:*

- *Analisar os processos termodinâmicos que ocorrem nos dispositivos mais utilizados em ciclos e máquinas térmicas à luz dos primeiro e segundo princípios, incluindo a sua análise exergetica.*
- *Identificar as características e os âmbitos de utilização dos ciclos termodinâmicos de produção de trabalho, calor e frio.*
- *Identificar o potencial das várias fontes de energia primária renovável e não renovável e avaliar decisões de estratégia baseadas no seu estágio de desenvolvimento atual e nas suas perspectivas de evolução.*

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

*At the end of the course, the student will be able to:*

- *Analyse the thermodynamic processes that occur in the devices usually found in cycles and thermal systems using the first and second laws of thermodynamic (including their exergetic analysis).*
- *Identify the major characteristics and the uses of the thermodynamic cycles to produce power, heating and cooling.*
- *Identify the potential of the renewable and non-renewable primary energy sources and evaluate strategy decisions based on their current status and evolution perspectives*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Conceitos fundamentais da termodinâmica*
  - 1.1. *Primeiro princípio em sistemas fechados e abertos*
  - 1.2. *Segundo princípio em sistemas fechados e abertos*
  - 1.3. *Irreversibilidades e análise exergetica*
2. *Ciclos termodinâmicos*
  - 2.1 *Ciclos de potência a gás*
  - 2.2 *Ciclos de potência a vapor*
  - 2.3 *Cogeração*
  - 2.4 *Ciclos frigoríficos e bombas de calor*
  - 2.5 *Ciclos combinados*
3. *Seminários de energia: fontes e tecnologias*

4.4.5. Syllabus:

1. *Fundamentals concepts of applied thermodynamics*
  - 1.1. *First law for closed and open systems*
  - 1.2. *Second law for closed and open systems*
  - 1.3. *Irreversibility and exergetic analysis*
2. *Thermodynamic cycles*
  - 2.1 *Power gas cycles*
  - 2.2 *Power vapour cycles*
  - 2.3 *Cogeneration (CHP)*
  - 2.4 *Refrigeration cycles and heat pumps*
  - 2.5 *Combined cycles*
3. *Seminars on energy: resources and conversion technologies*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning*

*outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*4 mini-testes, dos quais contam as três melhores notas - 60%*

*1 seminário (preparação e apresentação) - 20%*

*Mini-fichas: 1 questão no fim de cada seminário, das quais contam as 80% melhores - 20%*

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

*4 mini-tests, the best 3 are taken into account for the grading - 60%*

*1 seminar (preparation and presentation) - 20%*

*Quizzes: 1 quiz at the end of each seminar; the best 80% are taken into account for the grading - 20%*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Fundamentals of Thermodynamics, Claus Borgnakke and Richard E. Sonntag, 2013, Wiley; Our Energy Future: Resources, Alternatives and the Environment (Wiley Survival Guides in Engineering and Science), Christian Ngo and Joseph Natowitz, 2009, Our Energy Future: Resources, John Wiley & sons; Renewable Energy Resources, John Twidell and Tony Weir, 2015, Routledge*

**Mapa IV - Colóquio**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Colóquio*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Colloquium*

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

*FBas*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(23.8) T21;TP2.8*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
*ist30771, Vítor Manuel dos Santos Cardoso, 23.8h*

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

**4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Esta unidade curricular tem como objectivos:*

- 1. Apresentar uma perspectiva abrangente do estado da arte na investigação científica, e do impacto que a investigação tem na sociedade.*
- 2. Introduzir a discussão do que é a ciência, o que é ser cientista, e a dimensão ética associada com esta actividade.*
- 3. A discussão de linhas orientadoras para apresentações públicas, construção escrita e apresentação de curriculum vitae, candidaturas a emprego.*

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

*The units aims to provide students with a unified perspective of the state-of-the-art in research in academia and private companies, as well as the impact of physics and science on society. This unit also aims to get students acquainted with basic rules for presentations before a live audience, job application and the basic ethical and scientific rules in research.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*O que é ciência, quem são os cientistas? Ética em ciência.  
Como construir um curriculum científico.  
Linhas básicas para apresentações orais.  
Candidaturas a emprego: cartas de recomendação, CV e palestras.  
Divulgação científica: falando com a sociedade e tornando a ciência visível.  
Colóquios de física: o estado da arte em investigação e o seu impacto na sociedade.  
Seminários: apresentações pelos alunos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*What is science, who are scientists? The ethics in science  
How to build a curriculum in science  
To dos and don't of oral presentations  
How to apply for jobs: letters of recommendation, CVs and public talks  
Outreach: talking to people around you. Making you and your science visible  
Colloquia: state of the art in research; the impact in the society  
Seminars: presentations by students*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*50%: participação nos colóquios dados por convidados externos  
50%: avaliação contínua (participação nas aulas, com 2-3 palestras sobre competências transversais por convidados externos, e apresentação de seminários pelos alunos)*

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

*50%: attendance of colloquia by external speakers  
50%: attendance of classes (continuous assessment, participant in seminars on soft skills by external guests, and seminar presentations by students)*

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
***Survival skills for scientists, F. Rosei & T. Johnston, 2006 , World Scientific ; [https://carey.jhu.edu/uploads/documents/Presentation\\_Skills\\_Workbook.pdf](https://carey.jhu.edu/uploads/documents/Presentation_Skills_Workbook.pdf), #, #, "#; <https://twp.duke.edu/sites/twp.duke.edu/files/file-attachments/oral-presentation-handout.original.pdf>, #, #, #; [http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/msc/HowToMakeAScientificPresentation21Nov2013\\_Print.pdf](http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/msc/HowToMakeAScientificPresentation21Nov2013_Print.pdf), #, #, #; <https://www.engineering.cornell.edu/sites/default/files/departments/main%20area/pdf%20files/Scientific%20Posters%2008-2018.ppt>, #, #, #; [https://www.slideshare.net/thecroaker/death-by-powerpoint/12-Mainly\\_due\\_to\\_lack\\_of\\_Significance\\_Structure\\_Simplicity\\_Rehearsal](https://www.slideshare.net/thecroaker/death-by-powerpoint/12-Mainly_due_to_lack_of_Significance_Structure_Simplicity_Rehearsal), #, #, #; [https://owl.purdue.edu/owl/general\\_writing/graduate\\_school\\_applications/writing\\_a\\_research\\_statement.html](https://owl.purdue.edu/owl/general_writing/graduate_school_applications/writing_a_research_statement.html), #, #, #; <https://www.sciencemag.org/careers/2002/07/writing-research-plan> , #, #, #; <https://www.sciencemag.org/careers/2006/10/tips-successful-cv>,***

#### **Mapa IV - Tópicos Avançados em Física Computacional**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Tópicos Avançados em Física Computacional***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Advanced Topics in Computational Physics***

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

**4.4.1.3. Duração:**  
***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
***(42.0) T-14; TP-28***

**4.4.1.6. ECTS:**  
***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**  
***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**  
***<no answer>***

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
***ist13387, Luís Miguel de Oliveira e Silva, 14h***

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
***ist11944, João Seixas, 7h;***  
***ist149540, Jorge Vieira , 7h;***  
***ist13146, José Luís Martins, 7h;***  
***Professores e Investigadores Convidados de Unidades de ID Próprias e Associadas do IST, 7h***

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

*Desenvolver nos alunos as competências necessárias para expressarem e explorarem algoritmos associados a diferentes áreas da Física e da Engenharia, recorrendo às mais modernas arquiteturas e metodologias de programação utilizadas em Física Computacional.*

*Para esse efeito, os alunos serão em primeiro lugar introduzidos à computação paralela e computação em sistemas heterogéneos, explorando e utilizando em seguida estes conceitos com recurso aos algoritmos e modelos físicos mais gerais usualmente utilizados nas principais áreas de actuação do Departamento de Física.*

*Uma perspectiva global das técnicas e metodologias computacionais utilizadas noutros domínios da física e da engenharia será também dada num conjunto de seminários com especialistas convidados.*

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

*To develop the skills to express and to explore algorithms commonly employed in physics and engineering, taking advantage of the most modern architectures and programming methodologies. Students will first be introduced to parallel computing and computing on heterogeneous systems, and then will use these tools with algorithms and physical models commonly used in the main domain of activity of the Department of Physics.*

*An overview of computational techniques used in other fields of science and engineering will also be provided via a set of dedicated seminars.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*A unidade curricular está organizada em módulos, operacionalizando os objectivos definidos.*

*Módulo 1: Computação paralela e computação em sistemas heterogéneos*

*Módulo 2: Modelos numéricos de plasmas e multi-escala*

*Módulo 3: Modelos numéricos em estrutura electrónica*

*Módulo 4: Dinâmica molecular, Monte-Carlo, algoritmos genéticos*

*Módulo 5: Modelos numéricos em Astrofísica, Gravitação e Física das Altas Energias*

*Módulo 6: Outras aplicações de métodos computacionais*

**4.4.5. Syllabus:**

*This course is organized in modules that implement the goals of the curricular unit.*

*Module 1: Parallel computing and computing in heterogeneous architectures*

*Module 2: Numerical models of plasmas and multiscale simulations.*

*Module 3: Numerical methods in electronic structure*

*Module 4: Molecular dynamics, Monte-Carlo and genetic algorithms.*

*Module 5: Numerical models of Astrophysics, Gravitation and High Energy Physics*

*Module 6: Other advanced applications of computational methods*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Avaliação Contínua (100%): Trabalhos/conjunto de problemas individuais(35%) + Projecto em grupo (50%) + Apresentação e Discussão Oral (15%)*

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

*Continuous evaluation: Mini projects/set of homework problems (35%) + Group Project (50%) + Presentation and Discussion session (15%)*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e computacionais através da utilização intensiva de trabalhos projectos computacionais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of*

*demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Using MPI, Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface, 3rd edition, William Gropp, Ewing Lusk and Anthony Skjellum , 2014, MIT Press; Notas e artigos especificamente distribuídos em cada módulo e disponibilizados aos alunos, #, #, #*

**Mapa IV - Diagnósticos com Feixes de Partículas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Diagnósticos com Feixes de Partículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Particle Beam Diagnostics*

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

*FPLFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) T-7;PL-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*Unidade Curricular dada no IPFN a 50% (Diagnóstico de Feixes de Iões Pesados) e no ITN a 50% (feixes de iões para estudo de materiais)*

**4.4.1.7. Observations:**

*Unidade Curricular dada no IPFN a 50% (Diagnóstico de Feixes de Iões Pesados) e no ITN a 50% (feixes de iões para estudo de materiais)*

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

*ist13135, Artur Jorge Louzeiro Malaquias , 7h*

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

*ist25357, Eduardo Jorge da Costa Alves, 7h*

*ist24807, Rodrigo Clemente Velez Mateus, 4.5h*

*ist30726, Igor Nedzelskiy, 4.5h*

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

*Apresentar as bases teóricas e experimentais que permitam desenvolver trabalho teórico e experimental na área de diagnósticos com feixes de partículas. As matérias lecionadas cobrem os fundamentos teóricos e experimentais de produção de feixes iónicos e neutros, providenciando conhecimentos sobre modelos de fontes iónicas e de extração de feixes.*

*Estudar experimentalmente o funcionamento de diversos tipos de fontes.*

*Utilizar feixes como meio de diagnóstico em plasmas e caracterização de materiais para experiências de fusão nuclear.*

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

*To provide the theoretical and experimental basis enabling the development of theoretical and experimental work in the*

**area of particle beam diagnostics. The subjects taught cover the theoretical and experimental foundations of ionic and neutral beam production, providing knowledge on ion source and beam extraction models.**

**Experimental study of the operation of various source types.**

**Use of beams as a means of plasma diagnosis and characterization of materials for nuclear fusion experiments.**

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

**Introdução aos diversos tipos de fontes iónicas e suas aplicações.**

**Métodos de produção de fontes de iões, neutros e electrões. Conceitos de produção e aceleração de feixes. A equação de Child-Langmuir. Modelos de geometrias de extração de feixes.**

**Princípios de funcionamento dos aceleradores electrostáticos (Van de Graaff e tandem). Fundamentos das técnicas de feixes de iões e sua utilização na investigação de materiais e sua interação com plasmas.**

**Aplicação das técnicas de espectrometria de retrodispersão de Rutherford (RBS), reações nucleares (NRA) e espectrometria elástica de retrodispersão com iões leves (H+).**

**Estudo experimental de plasmas de fusão. Análise dos efeitos da interação do plasma com as paredes da câmara dos reactores de fusão.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Introduction to the various types of ionic sources and their applications.**

**Methods of producing ion, neutral and electron sources. Concepts of beam production and acceleration. The Child-Langmuir equation. Models of beam extraction geometries.**

**Working principles of electrostatic accelerators (Van de Graaff and Tandem).**

**Fundamentals of ion beam techniques and their use in materials research and interaction with plasmas.**

**Application of Rutherford retrodispersion spectrometry (RBS), nuclear reactions (NRA) and light ion (H+) retrodispersion spectrometry techniques.**

**Experimental study of fusion plasmas. Analysis of the effects of plasma interaction with the chamber walls of fusion reactors.**

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.**

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

**Exame escrito (30%) + Trabalho experimental (70%)**

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

**Written exam (30%) + Experimental work (70%)**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Large Ion Beams, Fundamentals of Generation and Propagation, A. Theodore Forrester, 1988, John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-62557-4, USA; Backscattering spectrometry, W.K. Chu, J.W. Mayer, M.A. Nicolet, 1978, doi:10.13140/RG.2.1.1948.0807; Handbook of Modern Ion Beam Materials Analysis, 2nd Edition, Y. Wang, M. Nastasi, eds, 2009, Materials Research Society, Michigan**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Laboratório de Detetores em Física de Altas Energias*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Laboratory of High Energy Physics Detectors*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) PL-21*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist24593, Bernardo António Neto Gomes Baptista Tomé, 21h*

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

*<sem resposta>*

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

*Compreender os princípios de operação das diferentes categorias de detetores utilizados em Experiências de Física de Altas Energias e domínios afins. Adquirir capacidades nos procedimentos necessários para caracterizar e otimizar o desempenho desses detetores.*

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

*To understand the principles of operation of the different detector categories widely used in High Energy Physics Experiments and related fields. To acquire skills in the procedures needed to characterize and optimize the performance of these detectors.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Interação da radiação com a matéria e deposição de energia em volumes sensíveis dos detetores; Caracterização de diferentes tipos de detetores: detetores gasosos; detetores de semicondutores; Detetores de radiação de Cherenkov e de radiação de transição; cintiladores, "shifters" de comprimento de onda, guias de luz e fibras ópticas. Medição da linearidade, uniformidade e resolução do sinal; Eficiência geométrica e intrínseca de um detector; Resolução em energia de detetores calorimétricos e sua relação com as propriedades físicas do detector; Medição da deposição de energia em materiais finos: a curva de Bethe-Bloch; Calibração de um detector; Caracterização de diferentes tipos de fotodetectors: fotomultiplicadores, fotomultiplicadores de silício e outras alternativas. Técnicas de simulação para validação, caracterização e otimização da resposta do detector.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Interaction of radiation with matter and energy deposition in detectors sensitive volumes; Characterization of different types of detectors: gaseous detectors; semiconductor detectors; Cherenkov and transition radiation detectors; scintillators, wavelength shifters, light guides and optical fibers. Measurement of the signal linearity, uniformity and resolution; Geometrical and intrinsic efficiency of a detector;*

**Energy resolution of calorimeter detectors and its relation to the detector physical properties; Measurement of the energy deposition in thin materials : the Bethe-Bloch curve; Calibration of a detector; Characterization of different types of photodetectors : photomultipliers, silicon photomultipliers and other alternatives. Simulation techniques for the validation, characterization and optimization of the detector response.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos dos princípios de funcionamento dos detetores de partículas e radiação, das técnicas de deteção neles baseadas e as metodologias de caracterização do seu funcionamento.**

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC descritos, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**The syllabus cover the main topics of the principles of operation of particle and radiation detectors, the detection techniques based on them and the methodologies for characterising their operation.**

**In view of the learning objectives of the UC described, any specialist in the subject will be able to verify that all the points of the syllabus aim to provide students with the knowledge and skills necessary for their fulfillment and the acquisition of those objectives.**

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

**A metodologia de ensino assentará na manipulação de diferentes tipos de detetores, nomeadamente instrumentação de electrónica nuclear para a aquisição de dados.**

**As capacidades de programação serão também exploradas na análises dos dados e, eventualmente, no desenvolvimento de software específico. Está também prevista a utilização de códigos de simulação de Monte Carlo. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa, em particular a apresentação e discussão dos trabalhos desenvolvidos durante o curso.**

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

**The teaching methodology will be based on the manipulation of different types of detectors, including instrumentation of nuclear electronics for the acquisition of data.**

**Programming capabilities will also be explored in data analysis and, eventually, in the development of specific software. Monte Carlo simulation codes are also planned.**

**The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning, in particular the presentation and discussion of the works developed during the course.**

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

**A compreensão dos princípios de operação de detetores utilizados em Experiências de Física de Altas Energias assim como o domínio dos procedimentos necessários para caracterizar e otimizar o seu desempenho exigem a manipulação de diferentes tipos de detetores, bem como a utilização de ferramentas de análise de dados e de simulação, de forma a complementar e estender a actividade laboratorial.**

**A metodologia de ensino adequa-se pois aos objectivos de aprendizagem da UC.**

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

**Understanding the principles of operation of detectors used in High Energy Physics Experiments as well as the mastery of the procedures necessary to characterize and optimize its performance require the manipulation of different types of detectors, as well as the use of data analysis and simulation tools, in order to complement and extend the laboratory activity. The teaching methodology is therefore appropriate to the UC's learning objectives.**

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

**Radiation detection and measurement, G. F. Knoll, 2010, Wiley ; Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, W. R. Leo, 1994, Springer; Detectors for Particle Radiation, K. Kleinknecht, 1998, Cambridge University Press**

#### **Mapa IV - Biofísica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Biofísica**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:***Biophysics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***TNPR***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***4.4.1.5. Horas de contacto:***(56.0) T-56***4.4.1.6. ECTS:***6.0***4.4.1.7. Observações:***UC opcional***4.4.1.7. Observations:***UC opcional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist25083, Maria Teresa Ferreira Marques Pinheiro, 56h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***<sem resposta>***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Após concluir esta unidade curricular o aluno deverá ter adquirido uma perspectiva moderna da biologia molecular e celular do ponto de vista da Física e deverá saber quantificar através de ferramentas analíticas da Física os fenómenos biológicos além de adquirir capacidades de explorar novas ferramentas para compreender o funcionamento dos sistemas biológicos.*

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

*After attending this course the student should have acquired a modern perspective of molecular and cellular biology as seen from the perspective of physics and understand the techniques and instrumentation used to investigate biological systems at the anatomical and nanoscale.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Arquitetura celular e biomembranas: estruturas membranares; dinâmica; propriedades mecânicas das membranas celulares; difusão.*
- 2. Biofísica molecular: Motores moleculares e modelos de operação; transporte, “zippers”, rotores, canais iónicos, transporte intracelular.*
- 3. Imagem e bio-espectroscopia: métodos de clássicos (TEM, SEM, AFM, Raman, IR, confocal); novas abordagens com super-resolução espacial (manométrica) e temporal (microsegundo), i.e., confinamento 3D e interferometria por laser; microscopia de fluorescência de moléculas singulares; “stimulated emission depletion” (STED), microscopia com feixes de iões.*
- 4. Biofísica celular: Mecanismos e modelos de excitação, movimento, condução nervosa, oscilações, relógios biológicos.*
- 5. Biofísica de sistemas especializados (óptica, bio-acústica, electrofisiologia e electromagnetismo, biologia quântica): visão, olfacto, sistema nervoso central.*
- 6. Radiação electromagnética: efeitos; técnicas de diagnóstico e terapia.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. Cell architecture and biomembranes: membrane structures; dynamics and mechanical properties; diffusion.*
- 2. Molecular biophysics: molecular motors and models of operation; cargo transport; zippers; rotors; ionic channels;*

*intracellular transport.*

**3. imaging and biospectroscopy: Classical methods (TEM, SEM, AFM, Raman, IR, confocal); super-resolution - spatial (nanometer) and temporal (microsecond), i.e., 3D laser traps and laser interferometry; single-molecule fluorescence microscopy, stimulated emission depletion (STED); microscopy with ion beams.**

**4. Cellular Biophysics: mechanisms and models of cell excitation, movement, nervous conduction (action potential), oscillations.**

**5. Biophysics of specialized systems (optics, bio-acoustics, electrophysiology, electromagnetism): vision, heart; central nervous system.**

**6. Electromagnetic radiation: effects, diagnostic and therapy.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. Dado a UC ser opcional e transversal a vários cursos, o modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa: Problemas (30%) + Seminário (20%) + Projeto final (50%).*

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

*Problems (30%) + Seminar (20%) + Final project (50%).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, do recurso a trabalhos individuais e em grupo. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Physical Biology of the Cell, Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot, Hernan Garcia, 2013, Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC, 2nd Edition; Motor Proteins and Molecular Motors, A.G. Kolomeisky, 2015, CRC Press, Taylor & Francis Group, LCC; Handbook of Physics in Medicine and Biology, Robert Splinter, 2010, CRC Press, Taylor & Francis, ISBN 978-1-4200-7532-3; Biophysics, An introduction, Rodney Cotterill, 2008, Chichester: John Wiley & Sons Inc., ISBN 13 978-0-471-48538-4; Outros materiais de estudo (actualizado anualmente): artigos científicos ou capítulos de livros relevantes em áreas de desenvolvimento recentes (e.g., fenómenos quânticos; relógios biológicos)*

#### Mapa IV - Física dos Reactores Nucleares

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física dos Reactores Nucleares*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Physics of Nuclear Reactors*

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

*TNPR*

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****(70.0) T-28; TP-42****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist25367, José Joaquim Gonçalves Marques, 70h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****<sem resposta>****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

***A unidade curricular tem como objectivo fornecer os conhecimentos fundamentais sobre os aspetos físicos, ambientais e económicos dos reactores nucleares de cisão e a evolução tecnológica nas sucessivas gerações dos mesmos.***

**PRÉ-REQUISITOS:**

***Para alcançar os objectivos de aprendizagem esperados, os estudantes devem ter conhecimentos prévios de física nuclear.***

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

***The main objective is to provide working knowledge on the physical, environmental and economical aspects of nuclear fission reactors, as well as on their technological evolution through successive generations.***

**SUBJECT REQUIREMENTS:**

***To successfully reach the expected learning outcomes, students should have pre-knowledge of nuclear physics.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I REACTORES DE CISÃO***

***Princípios de funcionamento; Ciclo do combustível nuclear; Princípios de segurança nuclear; Tipos e evolução de reatores.***

***II ASPECTOS AMBIENTAIS***

***Emissões radioativas em funcionamento normal e seu impacto; emissões em caso de acidente e seu impacto; Acidentes de Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima.***

***III ASPECTOS ECONÓMICOS***

***Estrutura de custos numa central nuclear; Custos do ciclo de combustível; Custo do desmantelamento de reactores.***

**4.4.5. Syllabus:*****I FISSION REACTORS***

***Physical working principles; Nuclear fuel cycle; Nuclear safety principles; Types and evolution of fission reactors.***

***II ENVIRONMENTAL ASPECTS***

***Routine radioactive releases and their impact; Radioactive releases during accidents and their impact; Accidents in Three Mile Island, Chernobyl and Fukushima.***

***III ECONOMICAL ASPECTS***

***Cost structure in a nuclear power plant; Nuclear fuel costs; Decommissioning costs.***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá***

**constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

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

***Exame***

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

***Exam***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Fundamentals of Nuclear Reactor Physics, E.E. Lewis, 2008, Academic Press, ISBN 978-0123706317; Nuclear Energy on the 21st Century, 3rd Ed, I. Hore-Lacy, 2012, World Nuclear University Press, ISBN 978-0955078453***

**Mapa IV - Atividades Extracurriculares I**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Atividades Extracurriculares I***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Extracurricular Activities I***

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

***OL***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***84.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***0.0***

**4.4.1.6. ECTS:**

***3.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

*ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 0h*

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

*<sem resposta>*

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

*Estimular os estudantes a adquirirem, de forma diversificada e complementar, conhecimentos e competências comportamentais, sociais, culturais, científicas, tecnológicas e profissionais, através da realização de atividades extracurriculares. Atualmente além de um percurso curricular que fornece provas de conhecimentos científicos/tecnológicos bem consolidados, os empregadores valorizam o percurso extracurricular dos alunos nas suas diversas vertentes.*

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

*To stimulate students to acquire, in a diversified and complementary way, behavioral, social, cultural, scientific, technological and professional knowledge and skills through extracurricular activities. Currently, in addition to scientific/technological knowledge, employers value the extracurricular course of students in its various aspects.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*No quadro desta unidade curricular serão creditadas atividades realizadas pelos estudantes, individualmente ou em grupo, que tenham um cariz essencialmente extra-curricular.*

*1) As atividades extracurriculares devem ser creditadas por pedido dos alunos em uma ou duas unidades curriculares denominadas Atividades Extracurriculares I e II (AE I e AE II) com 3 ECTS cada, oferecidas a todo o universo de alunos dos 2º. Ciclos (mestrado) do IST. Em cada uma destas UC de 3 ECTS os alunos devem realizar uma (ou mais) atividade(s) extracurriculares com esforço total de pelo menos 84 horas.*

*2) Os coordenadores de cada curso deverão reservar espaço na sua grelha de 2º. Ciclo para que os alunos, se assim o entenderem, possam escolher AE I/AEII*

**4.4.5. Syllabus:**

*In this curricular unit activities carried out by students, individually or in groups, which have an essentially extra-curricular nature, will be credited.*

*1) The extracurricular activities must be credited by request of the students in one or two curricular units called Extracurricular Activities I and II (AE I and AE II) with 3 ECTS each, offered to the whole universe of students of the 2nd cycle. In each of these 3 ECTS courses, students must perform one (or more) extracurricular activity(s) with a total effort of at least 84 hours.*

*2) Coordinators of each course must reserve space on their 2nd cycle grid so that students, if they wish, can choose AE I/AE II*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*1) A efectiva realização da actividade, exigindo-se um certificado das entidades onde realizaram as atividades extracurriculares, 2) AE I ou AE II tem avaliação do tipo aprovado/ não aprovado.*

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

*(1) a certificate from the entities where the extracurricular activities took place, is required (2) AE I or AE II has approved/unapproved type assessment.*

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

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

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

#### Mapa IV - Transições de Fase e Fenómenos Críticos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Transições de Fase e Fenómenos Críticos*

4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Phase Transitions and Critical Phenomena*

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

*FMCNano*

4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

4.4.1.4. Horas de trabalho:

*84.0*

4.4.1.5. Horas de contacto:

*(24.5) T-14; TP -10.5*

4.4.1.6. ECTS:

*3.0*

4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*ist12355, Pedro Domingos Santos do Sacramento, 24.5h*

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

*<sem resposta>*

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

*Compreensão dos conceitos de fases e transições de fase e apreciar o papel das simetrias na sua classificação. Compreensão o conceito do limite termodinâmico. Reconhecer modelos canónicos e as suas propriedades. Apreciar a emergência de universalidade perto de pontos críticos.*

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

*Understand the concepts of phases and phase transitions and appreciate the role of symmetry in their classification. Understand the fundamental role of the thermodynamic limit. Recognize "canonical" models and their properties. Appreciate the emergence of universality arising near critical points.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1 - Termodinamica e estabilidade*

*2 - Simetria e Quebra Espontânea de Simetria*

- 3 - *Scaling*
- 4 - *Fases Ordenadas*
- 5 - *Grupo de Renormalização*
- 6 - *Transição de Kosterlitz–Thouless*
- 7 - *2D Ising e Transições de Fase Quânticas*

#### 4.4.5. Syllabus:

- 1 - *Thermodynamics and Stability*
- 2 - *Symmetry and Spontaneous Symmetry Breaking*
- 3 - *Scaling*
- 4 - *Ordered Phases*
- 5 - *Renormalization Group*
- 6 - *Kosterlitz–Thouless Transition*
- 7 - *2D Ising Model and Quantum Phase Transitions*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

- 50%: *exame final.*
- 30%: *avaliação contínua através de projectos em grupo e apresentações em aula.*
- 20% *avaliação contínua através da resolução de séries de exercícios (em aula e/ou como trabalho de casa).*

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

- 50%: *final exam*
- 30%: *continuous assessment via group project resolution and presentation in class.*
- 20% *continuous assessment via resolution of series of exercise (in class and/or homework).*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, projectos e apresentações em grupo e realização de exercícios de aplicação da matéria. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group, N. Goldenfeld, #, Frontiers in Physics, Perseus Books ; Principles of Condensed Matter Physics, P. Chaikin e T.C. Lubenski, #, Cambridge University Press ; Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena, H. E. Stanley, #, Oxford University Press ; Statistical Mechanics, R. K. Pathria, #, Butterworth Heinemann; Modern Theory of Critical Phenomena, S. K. Ma, #, Westview Press ; An introduction to lattice gauge theory and spin systems, J. B. Kogut, 1979, Rev. Mod. Phys. 51, 659–713 ; Introduction to the Theory of Metastable and Unstable States, J.D. Gunton, M. Droz, #, Springer-Verlag ; Statistical Mechanics, K. Huang, #, John Wiley & Sons, New York*

### Mapa IV - Fluidos Complexos e Rmn

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Fluidos Complexos e Rmn****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Complex Fluids and Nmr*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****FMCNano*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****(35.0) T-21; PL-14*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****ist11882, João Luis Maia Figueirinhas, 12h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****ist12744, Pedro José Oliveira Sebastião 11.5h******ist12251, Carlos Manuel Rodrigues da Cruz, 11.5h*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Introdução à Física dos fluidos complexos e às técnicas de microscopia ótica polarizante, RMN e difração de raios X usadas na sua caracterização.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Introduction to complex fluid physics and polarizing optical microscopy, NMR and X-ray diffraction techniques used in their characterization.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I. Fluidos complexos (FC), líquidos iónicos e sistemas mesomorfos. Sistemas líquidos cristalinos termotrópicos e liotrópicos. Os cristais líquidos (CL) em biologia. Propriedades dos CL termotrópicos. Mesofases nemáticas, esmécticas e colunares. Carácter anisotrópico das mesofases.******II. Caracterização experimental dos FC.******III. Propriedades dos nemáticos (N) e nemáticos quirais (N\*), ordem molecular e teorias estatísticas. Elasticidade de orientação, interação com campos elétricos e magnéticos, transições de Freedericksz e dispositivos eletro-óticos.******IV. Microscopia ótica polarizante e texturas e defeitos nos nemáticos.******V. Difração dos raios X em FC, lei de Bragg. Redes cristalinas. Rede recíproca. Figuras de difração de raios X em FC.******VI. RMN no estudo da ordem e dinâmica moleculares em FC. Equações de Bloch. Interações dos spins nucleares.******Matriz densidade. Ecos de spin. Espectroscopia e relaxometria de RMN do protão e deutério. Movimentos moleculares e mecanismos de relaxação.*****4.4.5. Syllabus:*****I. Introduction to complex fluids (CF), ionic liquids and mesomorphic systems. Thermotropic and liotropic liquid crystalline (LC) systems. LC in biology. Thermotropic LC properties. Nematic, smectic and columnar mesophases. Anisotropic character of mesophases.***

**II. Experimental characterization of different types of CF.**

**III. Properties of the nematic (N) and chiral nematic (N\*), molecular order and statistical theories. Elasticity of orientation, interaction with electric and magnetic fields, Freedericksz transitions and electro-optical devices.**

**IV. Polarizing optical microscopy and textures and defects in nematics.**

**V. Introduction to X-ray diffraction techniques applied to CF. Bragg's law. Crystal lattices. Reciprocal network. X-ray diffraction patterns in CF.**

**VI. NMR in order and dynamics studies in CF. Bloch equations. Interactions of nuclear spins. Density matrix. Spin echoes. Proton and deuterium NMR spectroscopy and relaxometry. Molecular movements and relaxation mechanisms.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*2 testes ou exame final (2 datas) ou trabalho final 75% + 4 trabalhos de laboratório 25%.***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*2 tests or final exam (2 dates) or final work 75% + 4 laboratory experiments 25%***

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*Liquid Crystals. Nature's Delicate Phase of Matter, P. J. Collings, 1990, Princeton University Press; Introduction to Liquid Crystals, Chemistry and Physics, P. J. Coolings, M. Hird, 1997, Taylor and Francis, London; Liquid Crystals, S. Chandrasekhar, 1992, Cambridge University Press, Cambridge; The Physics of Liquid Crystals, 2nd Edition, P.G. de Gennes and J. Prost, 1993, Oxford University Press; Pulse, Fourier Transform NMR, T. C. Farrar, E. D. Becker, 1971, Academic Press New York London; NMR of Liquid Crystal Dendrimers, Carlos Cruz, João Figueirinhas, Pedro Sebastião, 2017, Pan Stanford Publishing Singapore 038988***

#### **Mapa IV - Energia Nuclear**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Energia Nuclear***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Nuclear Energy***

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

**4.4.1.3. Duração:  
*Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

42.0 (T-42)

4.4.1.6. ECTS:

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist25367, José Joaquim Gonçalves Marques, 42h*

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

<sem resposta>

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

*A disciplina tem por objectivo fundamental fornecer as bases para a análise sócio-económica, ambiental e de segurança da energia nuclear, tanto na vertente cisão, bem estabelecida, como na vertente fusão, ainda em desenvolvimento.*

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

*To give the basis for an economical, sociological analysis of nuclear energy, taking in account the environmental and safety aspects in a perspective of the evolution of the R&D activities. Particular emphasis will be put in nuclear fusion, a new clean technology, that is safe, with almost unlimited resources and economically attractive.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Introdução*

*Reacções de fissão (cisão) e fusão nuclear. Vantagens da energia nuclear*

- *Energia Nuclear Convencional*

*Problemas da energia nuclear convencional. Evolução das centrais de fissão nuclear.*

- *Fusão Nuclear*

*Introdução. Tipos de confinamento. Evolução e perspectivas da I&D. Vantagens da fusão nuclear.*

*Aspectos sócios-económicos, de segurança e de impacte ambiental da energia nuclear.*

4.4.5. Syllabus:

- *Introduction*

*Fission and fusion nuclear reactions. Advantages of nuclear energy.*

- *Conventional Nuclear Energy*

*Problems with the conventional nuclear energy. Evolution of the conventional nuclear fission power plants.*

- *Nuclear Fusion*

*Introduction. Types of confinement. Evolution and perspectives of R&D. Advantages of nuclear fusion.*

*Economical and sociological aspects of the safety and the environmental impact of nuclear energy.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Avaliação por mini-trabalhos e/ou exame final.*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Individual homework and/or final examination*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*I. Hore-Lacy, Nuclear Energy on the 21st Century, 3rd Ed, World Nuclear University Press (2012)  
Garry McCracken, Peter Stott, Fusion: The Energy of the Universe, 2nd Edition, Academic Press (2012)*

#### **Mapa IV - Física e Tecnologia dos Semicondutores**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Física e Tecnologia dos Semicondutores*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Physics and Technology of Semiconductors*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(49.0) PL-21; TP-28*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**  
*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist25461, Katharina Lorenz, 49h*

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

*<sem resposta>*

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

*Compreensão dos conceitos básicos da física dos semicondutores e dos dispositivos semicondutores com as suas aplicações na vida real. Serão exploradas várias técnicas de caracterização e micro-fabricação utilizadas na investigação e tecnologia atuais dos semicondutores.*

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

*Understanding the basics of semiconductor physics and semiconductor devices along with their real life applications. Several characterization and microfabrication techniques related to current semiconductor research and technology will be explored.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*I. Estrutura de sólidos cristalinos: Estruturas cristalinas. Ligações químicas. Materiais semicondutores. Métodos de crescimento.*

*II. Teoria de bandas e dopagem: Portadores de carga. Relação de dispersão. Massa efetiva. Hiato energético. Densidade dos estados. Nível de Fermi. Função de Fermi. Dopagem. Equilíbrio térmico.*

*III. Absorção. Recombinação.*

*IV. Propriedades de transporte: Deriva e difusão. Relação de Einstein. Mobilidade.*

*V. Junção p-n: Equação de Shockley. Díodo de junção pn. Células solares. Fotodiodos. Detetores de partículas.*

*VI. Junção semicondutor-metal: Contatos de Schottky. Contatos ohmicos. Díodo Schottky.*

*VII. Transístores: Transístor de junção bipolar. Transístor de efeito de campo (FET). Estruturas metal-óxido-semicondutor - MOSFET.*

*VIII. Microfabricação.*

*IX. Dispositivos semicondutores avançados.*

**4.4.5. Syllabus:**

*I. Structure of crystalline solids: Crystalline structures. Chemical bonds. Semiconductor materials. Growth methods.*

*II. Band theory and doping: Charge carriers. Dispersion relation. Effective mass. Energy gap. Density of states. Fermi level. Fermi function. Doping. Thermal equilibrium.*

*III. Absorption. Recombination*

*IV. Transport properties: Drift and diffusion. Einstein relation. Mobility.*

*V. pn-junction: Shockley equation. pn-junction diode. Solar cells. Photodiodes. Particle detectors.*

*VI. Semiconductor-Metal Junction: Schottky Contacts. Ohmic contacts. Schottky Diode.*

*VII. Transistors: Bipolar junction transistor. Field Effect Transistor (FET). Metal oxide semiconductor structures - MOSFET.*

*VIII. Microfabrication.*

*IX. Advanced Semiconductor Devices.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*A avaliação consiste nos seguintes elementos com 70% de avaliação contínua e 30% de exame final:*

*- 3 relatórios de laboratório (avaliação em grupo de 3 alunos) – 50%*

*- Apresentação oral de um dos relatórios incluindo uma pesquisa de literatura sobre o tema da experiência (avaliação*

- em grupo de 3 alunos) – 10%*
- 2 trabalhos para casa (avaliação individual) – 10%*
- Exame final (avaliação individual, 2 datas) – 30%*

*Nota mínima de cada elemento: 9.5/20*

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

*The grading consists in the following elements with 70% continuous evaluation and 30% weight of the final exam.*

- 3 laboratory reports (evaluation in groups of 3 students) – 50%*
- Oral presentation of one of the laboratory reports including a literature search on the subject of the experiment (evaluation in groups of 3 students) – 10%*
- 2 homeworks (individual evaluation) – 10%*
- Final exam (individual evaluation, 2 dates) – 30%*

*minimum grade of each component: 9.5/20*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de trabalhos experimentais e trabalhos em grupo. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use experimental work and teamwork, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Semiconductor Physics and Devices, Donald A. Neamen, 2003, McGraw-Hill*

**Mapa IV - Física dos Plasmas Avançada**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física dos Plasmas Avançada*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Advanced Plasma Physics*

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

*FPLFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) T-14;TP-28*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist152297, Hugo Terças, 42.0h*

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

*<sem resposta>*

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

*Este curso avançado em física dos plasmas cobre em profundidade conceitos fundamentais, incluindo instabilidades feixe-plasma, fenómenos não-lineares, e a interação não linear e auto-consistente entre plasmas e campos externos, incluindo efeitos relativistas.*

*Este curso estabelece pontes directas com tópicos de investigação actual nas áreas da interações de plasmas com feixes intensos, aceleradores de plasma e astrofísica.*

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

*This advanced plasma physics course throughoroughly covers core concepts, including beam-plasma instabilities, nonlinear phenomena, and the non-linear and self-consistent interaction between plasmas and external fields, including relativistic effects.*

*The course makes direct links with current actual research topics in the areas of intense laser-matter interactions, plasma based accelerators, and astrophysics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- Descrição auto-consistente de um plasma, de primeiros principios, a partir da dinâmica de partículas individuais.*
- 2- Fenómenos ondulatórios e não lineares.*
- 3- O limite da descrição fluida e transição para regimes turbulentos.*
- 4- Instabilidade feixe-plasma na presença de campos externos.*

**4.4.5. Syllabus:**

- Self-consistent, first principle description of plasmas from the motion of single particles*
- Waves in plasmas and nonlinear phenomena*
- Breakdown of the fluid description of the plasma and transition to turbulent regimes*
- Beam-plasma instabilities in the presence of external fields*

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

*Os conteúdos programáticos abrangem tópicos avançados em Física dos plasmas que permitem ao aluno rever e aprofundar conhecimentos antecedentes, em proximidade com tópicos científicos actuais. Estes conteúdos munem o aluno de conceitos e técnicas que permitem outras aprendizagens através de pesquisa autónoma.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas através de projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (trabalhos escritos/projectos - 75%) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (25%).*

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

*Homework problems/projects (75%) and written exam (25%)*

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

*Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento avançado em física dos plasmas, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos computacionais permite o confronto com problemas em tópicos de investigação científica actual.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of*

*demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introduction to plasma physics (Physics 222 ABC, UCLA), John Dawson, 1994, Academic Publishing Service;  
Introduction to plasma theory, Dwight R. Nicholson, 1983, John Wiley & Sons*

**Mapa IV - Reactores de Fusão Nuclear**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Reactores de Fusão Nuclear*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nuclear Fusion Reactors*

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

*FPLFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) T-7; TP-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12916, Horácio João Matos Fernandes, 11h*

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

*ist12454, João Pedro Saraiva Bizarro , 10h*

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

*Geral: Garantir formação científica sólida num domínio com implicações sociais profundas, nomeadamente na sustentabilidade e emergência climática, fornecendo um conjunto abrangente de conhecimentos que permitam apreender o estado da arte e acompanhar a sua evolução.*

*Específico: Compreensão dos conceitos e princípios básicos da engenharia dos Reactores de Fusão Nuclear por confinamento magnético, desenvolvimento da capacidade de os aplicar ao dimensionamento, projecto e operação dos mesmos, servindo como base introdutória para UC's mais avançadas.*

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

*General: Ensuring solid scientific training in a field with profound societal implications, namely in sustainability and climate emergence, providing a comprehensive set of knowledge that allows one to apprehend the state of the art and monitor its evolution.*

*Specific: Understanding the basic concepts and principles of the engineering of magnetic confinement Nuclear Fusion Reactors, developing the ability to apply them to their design and operation, and serve as an introductory basis for*

*more advanced UC's.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Energia de Fusão Nuclear: cenários energéticos para o séc. XXI; reacções de fusão nuclear e potência gerada; balanço de potência num reactor de fusão; projecto de um reactor de fusão simplificado.*
2. *Sistemas principais de um reactor: campos magnéticos e fontes; componentes estruturais, vácuo e injeção de gás; extração de potência e matéria; aquecimento do plasma; diagnósticos e controlo.*
3. *Operação de máquinas de fusão.*

#### 4.4.5. Syllabus:

1. *Nuclear Fusion Energy: energy scenarios for the XXIst century; nuclear fusion reactions and power generation; power balance in a fusion reactor; design of a simplified fusion reactor.*
2. *Main systems of a reactor: magnetic fields and sources; structural components, vacuum and gas injection; extraction of power and matter; plasma heating; diagnostics and control.*
3. *Operation of fusion devices.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*100% avaliação contínua por séries de problemas e o desenvolvimento, apresentação e discussão de um mini-projecto científico.*

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

*100% continuous assessment by series of problems and the development, presentation and discussion of a scientific mini-project.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Plasma Physics and Fusion Energy, J. Freidberg , 2007, Cambridge University Press, ISBN-13: 13 978-0-521-85107-7; Tokamaks, J. Wesson , 2011, Oxford University Press, ISBN: 9780199592234*

### Mapa IV - Complementos de Eletrónica

#### 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Complementos de Eletrónica*

#### 4.4.1.1. Title of curricular unit:

*Complements of Electronics*

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

**FMCNano**

4.4.1.3. Duração:  
**Semestral**

4.4.1.4. Horas de trabalho:  
**168.0**

4.4.1.5. Horas de contacto:  
**(45.5) T-28; PL-17.5**

4.4.1.6. ECTS:  
**6.0**

4.4.1.7. Observações:  
**<sem resposta>**

4.4.1.7. Observations:  
**<no answer>**

4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):  
**ist11882, João Luis Maia Figueirinhas, 45.5h**

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

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):  
**Fornecer ao aluno conhecimentos detalhados na área da eletrónica de potência abrangendo o funcionamento do transformador, de andares de saída, de conversores eletrónicos de potência e controlo de potência com realimentação negativa. A disciplina foca o funcionamento dos diferentes sistemas assim como o seu projecto e simulação computacional por software apropriado. A ligação a aplicações reais em laboratórios de investigação em Física é estabelecida.**

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):  
**To give the students a detailed knowledge on the area of power electronics covering the single phase transformer, output power stages, power converters and control with negative feedback. The course covers the analysis of the operation of the different systems as well as their project and simulation through appropriate software. The connection with real applications in research physics laboratories is established.**

4.4.5. Conteúdos programáticos:

**I. Análise do transformador monofásico; transformador sem perdas, perfeito, ideal e com núcleo de ferro. Esquema de Steinmetz. Projecto do transformador de alimentação.**

**II. Andares de saída de amplificação em classe A, B, e AB. Polarização, função de transferência, eficiência. Transístores de potência e dissipação térmica. Andar em classe AB com MOS-FETS de potência.**

**III. Conversores eletrónicos de potência; Realização com comutador em ponte do conversor AC-DC, DC-AC, DC-DC e AC-AC. Conversores DC-DC comutados: C. redutor, amplificador e redutor amplificador. Análise de funcionamento, regimes de condução, tensão de saída e tremor, eficiência. Controlo do conversor. Conversores em ponte. Conversores com transformador: conversor em ponte, vai-vem, direto e de retorno.**

**IV. Controlo de potência com realimentação. Comportamento dinâmico de sistemas lineares e invariantes no tempo realimentados. Aplicação no controlo de conversores, motores DC, aquecimento e refrigeração.**

4.4.5. Syllabus:

**I. Study of the monophasic transformer. Loss less, perfect and ideal transformers. Iron nucleus transformer. Steinmetz scheme. Project of the power supply transformer.**

**II. Output amplifier stages working in class A, B and AB. Biasing, transfer function, efficiency. Power transistors and power dissipation. Class AB output stage with power MOS-FETS.**

**III. Electronic power converters. Construction with the H Bridge switch of types AC-DC, DC-AC, DC-DC and AC-AC. Switching type DC-DC converters: Buck, Boost and Buck-Boost converters. Functioning analysis, conduction modes, output voltage and ripple, efficiency. Output voltage control with feedback. Bridge converters: half bridge and full bridge. Converters with transformer; bridge converter, push-pull, forward and flyback converters.**

**IV. Power control with feedback. Introduction to the dynamic behaviour of linear and time invariant systems with feedback. Application in the control of: Converters, DC motors, heating and refrigeration.**

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: *Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):  
*2 testes ou exame 65% + 6 trabalhos de laboratório 35%.***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):  
*2 tests or one exam 65% + 6 laboratory works 35%.***

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:  
*Microelectronic Circuits, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, 1998, Oxford University Press New York, Oxford ISBN 0-19-511690-9; Circuitos com Transistores Bipolares e MOS, Manuel de Medeiros Silva, 1999, Fundação Calouste Gulbenkian Lisboa ISBN 972-31-0840-2; Electrotecnia Teórica 1ª e 2ª parte, J.F. Borges da Silva, 1995, Edição de Autor; Linear Control System Analysis and Design, John J. D'Azzo, Constantine H. Houpis, 1975, McGraw-Hill ISBN 0-07-016179-8***

#### **Mapa IV - Óptica e Lasers**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
*Óptica e Lasers***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:  
*Optics and Lasers***

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

**4.4.1.3. Duração:  
*Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:  
*168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:  
*(42.0) T-14; TP-28***

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

## 4.4.1.7. Observações:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.1.7. Observations:

&lt;no answer&gt;

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

*ist23437, Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira, 28h*

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

&lt;sem resposta&gt;

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

*Fornecer formação abrangente em óptica contemporânea e lasers, com foco nas suas aplicações científicas e tecnológicas.**Os alunos serão capazes de aplicar várias descrições de óptica a situações práticas e de identificar as potencialidades dos lasers para domínios emergentes da ciência e tecnologia, adquirindo um conjunto alargado de conhecimentos sobre a geração, amplificação e propagação de luz coerente. Estes conhecimentos permitirão a introdução a uma gama de tópicos de investigação actual, como a óptica ultra-rápida, os lasers de alta intensidade e as suas aplicações em diversas áreas da ciência.*

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

*To provide students a comprehensive training in contemporary optics and lasers, focusing on their scientific and technological applications.**Students will be able to apply several descriptions of optics to practical situations and identify the potential of lasers for emerging domains of science and technology, acquiring a broad body of knowledge about coherent light generation, amplification and propagation. This know-how will allow their introduction to a range of current research topics in ultrafast optics, high-intensity lasers and their applications in several fields of science.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Óptica geométrica e ondulatória: Matrizes. Ondas paraxiais. Função de transferência.**Feixes gaussianos: Propriedades. Sistemas ópticos arbitrários.**Cavidades ópticas: Fabry-Perot, espelhos esféricos, 2D/3D.**Óptica de fótons: propriedades, fluxo e estatísticas.**Interação luz-matéria: fótons e átomos. Difusão.**Oscilação e amplificação: coeficiente de ganho. Bombeamento, equações de taxa e saturação. Principais tipos de laser.**Lasers pulsados: Q-switch e bloqueio de modos.**Estrutura dos pulsos laser: pulsos no limite e com trinado. Alongamento e compressão, CPA. Óptica espaço-temporal.**Dispersão: meios dispersivos. Modelo de Lorenz. Velocidade de fase, de grupo e GVD. Gestão de dispersão.**Óptica não linear: SHG, efeito eletro-óptico, mistura de três ondas. OPO/A/CPA.**SPM e autofocalização.**Óptica ultra-rápida: Propagação, amplificação, compressão e medição.**Lasers ultra-intensos: pulsos de raios X, HHG e attosegundos. Aceleração a laser. Altas densidades de energia.*

## 4.4.5. Syllabus:

*Geometrical and Wave Optics: Ray matrices. Paraxial waves. Transfer function.**Gaussian Beams: Properties. Arbitrary optical systems.**Optical Resonators: Fabry-Perot, spherical mirror, 2D/3D**Photon Optics: Photon properties, photon streams and statistics.**Light-Matter Interaction: Photons and atoms. Scattering.**Laser Oscillation and Amplification: Gain coefficient. Pumping, rate equations and saturation. Main laser types.**Pulsed Lasers: Q-switching and mode-locking.**Structure of laser pulses: Transform-limited and chirped pulses. Pulse stretching and compression, CPA.**Spatiotemporal optics.**Dispersion: Dispersive media. Lorenz model. Phase velocity. Group velocity and GVD. Dispersion management.**Nonlinear Optics: SHG, electro-optic effect, three-wave mixing. OPO, OPA, OPCPA.**SPM and self-focusing.**Ultrafast Optics: Pulse propagation, broadening and compression. Pulse measurement.**Ultraintense Lasers: X-ray, HHG and attosecond pulses. Laser acceleration. High energy density physics.*

**4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

**4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

**4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
- *Mini-testes realizados durante as aulas (40%)*  
- *Relatório de projecto individual / trabalho computacional ou experimental (40%)*  
- *Apresentação pública e discussão do projecto / trabalho (20%)*

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
.- *Mini-tests taken during the class (40%)*  
- *Report on the computational or experimental individual project (40%)*  
- *Public presentation and discussion about the project (20%)*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Fundamentals of Photonics (3rd ed.), B. A. Saleh, M. C. Teich, 2019, Wiley; Principles of Lasers (5th ed.), O. Svelto, 2010, Springer*

#### **Mapa IV - Tecnologias Nucleares e da Física de Partículas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Tecnologias Nucleares e da Física de Partículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Nuclear and Particle Physics Technologies*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*(35.0) T-14; TP-21*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

**4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

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

*ist24591, Patrícia Carla Serrano Gonçalves, 21h*

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

*ist45381, Pedro Jorge dos Santos de Assis 14h*

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

- *Compreender as propriedades básicas das interações fundamentais, das partículas elementares e dos núcleos para alcançar um entendimento suficiente de aplicações tecnológicas dos mecanismos de interação dos diferentes tipos de partículas e radiação com a matéria, quer ao nível atómico, quer ao nível nuclear.*
- *Adquirir conhecimentos na área dos sistemas de deteção de partículas e radiação fornecendo competências necessárias para a utilização de sistemas de deteção integrados de aquisição e processamento de dados, para aplicações científicas e desenvolvimento tecnológico em várias áreas, como ambiente, saúde, espaço e novos materiais.*
- *Desenvolver trabalho autónomo no desenvolvimento de um projeto de simulação da interação da radiação com a matéria que corresponda a uma aplicação tecnológica, utilizando ferramentas de simulação baseadas em Geant4.*

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

- *To understand the basic properties of fundamental interactions, elementary particles and nuclei towards a sufficient understanding of technological applications of the mechanisms of interaction of different types of particles and radiation with matter, both at atomic and nuclear level.*
- *To acquire expertise in the field of particle and radiation detection systems by providing the skills required for the use of integrated data acquisition and processing detection systems, for scientific applications and technological development in various areas such as environment, health, space and new materials.*
- *Develop autonomous work in the development of a project to simulate the interaction of radiation with matter that corresponds to a technological application, using Geant4 based simulation tools.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1.Descoberta da radioatividade, do núcleo e das partículas elementares. As forças fundamentais e os seus alcances*
- 2.Interação da radiação com a matéria:interações dos fotões: efeito fotoelétrico, Difusão de Compton, Produção de pares; interações das partículas carregadas: perda de energia por excitação e ionização. “Stopping Power”, alcance, Pico de Bragg. Perda de energia por radiação (Brehmstrahlung).Energia crítica. Difusão múltipla Radiação de Cherenkov*
- 3.O núcleo e a “radiação nuclear”: A dimensão dos núcleos, a massa dos núcleos, energia de ligação e excesso de massa.Estabilidade nuclear e declínios nucleares*
- 4.Declínio radioativo: Atividade; Produção de radioisótopos;Equilíbrio*
- 5.Neutrões e Reações nucleares: Classificação dos neutrões; A interação dos neutrões com a matéria; Os diferentes tipos de reações nucleares*
- 6. Princípios de deteção de partículas e radiação:Diferentes tipos de detetores e aplicações;Medição de posição, velocidade,carga,energia,momento.*

**4.4.5. Syllabus:**

- 1. The Discovery of radioactivity, of the nucleus and elementary particles. The fundamental forces and their range*
- 2.Interaction of radiation with matter: photon interactions: photoelectric effect, Compton diffusion, pair production; interactions of charged particles: energy loss due to excitation and ionization, stopping power, range and Bragg's Peak. Radiation energy loss (Brehmstrahlung). Critical energy. Multiple diffusion Cherenkov radiation*
- 3.The nucleus and “nuclear radiation”: The size and mass of the nuclei, binding energy and mass excess. Nuclear stability and nuclear decay.*
- 4. Radioactive Decay: Activity; Production of radioisotopes; radioactive equilibrium*
- 5. Neutrons and Nuclear Reactions: Neutron Classification; The interaction of neutrons with matter; The different types of nuclear reactions*
- 6. Principles of particle and radiation detection: Different types of detectors and their applications; Measurement of position, velocity, charge energy and momentum.*

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

**Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.**

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

**Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 4.**

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (p. ex, projectos, trabalhos de casa, fichas, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).**

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

**The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (eg, projects, homework, worksheets, etc.) compatible with the significant reduction of evaluation by exams ( $\leq 50\%$ ).**

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

**A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e de trabalhos de estágio. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and of experimental work developed during the internship, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**Atoms, Radiation, and Radiation Protection, James E. Turner, 1995, John Wiley & Sons, inc. ; Introductory Nuclear Physics , Keneth S. Krane, 1987, John Wiley ; Radiation Detection and Measurement, C. F. Knoll, 2000, John Wiley ; Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach, Leo, William R., 1987, Springer**

**Mapa IV - Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas II**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Tópicos em Física de Partículas e Astropartículas II**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Topics in Particle Physics and Astroparticles II**

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

**FPaFN**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**(42.0) T-28;TP-14**

**4.4.1.6. ECTS:**

## 6.0

## 4.4.1.7. Observações:

&lt;sem resposta&gt;

## 4.4.1.7. Observations:

&lt;no answer&gt;

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

*ist12001, Mário Joao Martins Pimenta, 42h*

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

&lt;sem resposta&gt;

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

*Dar ao aluno um conhecimento aprofundado e actual de alguns temas seleccionados, teóricos e experimentais, de física de partículas e astropartículas. Ser capaz de perceber, ao nível de trabalho de investigação actual, alguns temas teóricos e experimentais*

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

*To obtain a deep and updated understanding of some selected, theoretical or experimental, subjects in particle and astroparticle physics. To understand, at the present research level some experimental and theoretical subjects.*

## 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*O programa está organizado por módulos que cobrem todas as áreas de investigação e que é comum para os dois semestres. Cada aluno de acordo com o seu plano de estudos desenvolverá em cada semestre um sub-conjunto destes módulos. A-Física Partículas 1) Violação de CP e bariogénese. Física de neutrinos e leptogénese. 2) Cromodinâmica Quântica e a liberdade assintótica. Confinamento. 3) Modelos com sector de Higgs estendido, incluindo supersimetria. 4) Difusão inelástica profunda; electroprodução e neutrino produção; funções de estrutura. 5) Modelo dos partões; os partões como quarks; previsões experimentais. Partões em Cromodinâmica Quântica; comparação com os dados experimentais. Modelo dos partões e QCD na aniquilação electrão positrão. Funções de fragmentação. B-Astropartículas 6) Neutrinos solares e astrofísicos 7) Raios gama 8) Raios cósmicos de Energia Extrema 9) Matéria escura: modelos teóricos e detecção.*

## 4.4.5. Syllabus:

*The program is organized in main subjects covering all research areas in the field. These topics are common to both semesters. Each student will follow, in each semester, a subset of these subjects according to his/her plan of study. A-Particle Physics 1) CP Violation and Baryogenesis. Neutrino Physics and Leptogenesis. 2) Quantum Chromodynamics and asymptotic freedom. Quark confinement. 3) Models with extended Higgs sector, including supersymmetry. 4) Deep inelastic scattering; electroproduction and neutrino production; structure functions 5) Parton model; quarks-partons; experimental predictions. Partons in QCD; comparison with experimental results. Parton model and QCD in e+e- annihilation. Fragmentation functions. B-Astroparticle Physics 6) Astrophysical and solar neutrinos 7) Gamma rays 8) Ultra High Energy Cosmic Rays 9) Dark matter: theoretical models and detection.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Trabalho individual escrito com apresentação oral de 30 min*

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

*Written monograph with a 30 min oral presentation*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introduction to Supersymmetry, D. Bailin, A. Love, 1994, IOP, Publishing; CP Violation, Gustavo Castelo Branco, Luís Lavoura, João Paulo Silva, 1999, Oxford U. P; QCD and Collider Physics, R.K.Ellis, W. J. Stirling, 1996, B. R. Webber, Cambridge University Press ; The Black Book of Quantum Chromodynamics: A Primer for the LHC Era, Campbell, J. Huston, F. Krauss, 2017, Oxford University Press ; Neutrinos in high energy and astroparticle physics, Jose Valle, Jorge Romão, 2015, Wiley-VCH ; Questions to the Universe. An introduction to particle and Astroparticle Physics 2nd edition, Alessandro De Angelis, Mário Pimenta, 2018, Springer*

#### Mapa IV - Fusão Nuclear

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fusão Nuclear*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Nuclear Fusion*

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

*FPLFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(21.0) T-7;PL-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12454, João Pedro Saraiva Bizarro, 21h*

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

*<sem resposta>*

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

*Geral: Garantir formação científica sólida num domínio com implicações sociais profundas, nomeadamente na sustentabilidade e emergência climática, fornecendo um conjunto de ferramentas de análise que permitam abordagens*

*de inovação disciplinares ou interdisciplinares.*

*Específico: Compreensão dos conceitos, princípios básicos e fenomenologia da física dos plasmas de Fusão Nuclear por confinamento magnético, desenvolvimento da capacidade de os aplicar à resolução de problemas, e alavancagem para prosseguir uma formação mais avançada.*

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

*General: Ensure solid scientific training in a field with profound societal implications, namely in sustainability and climate emergency, providing a set of analysis tools that allow innovative disciplinary or interdisciplinary approaches.*

*Specific: Understanding the concepts, basic principles and phenomenology of the physics of magnetically confined Nuclear Fusion plasmas, developing the ability to apply them to problem solving, and providing leverage to pursue more advanced training.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Desafios da física de plasmas para fusão.*

*2. Equilíbrio magnético: o modelo MHD para fusão; casos simples 1D; equilíbrio de força num toro; equação de Grad-Shafranov e fator de segurança.*

*3. Estabilidade MHD: operador de força; formulação do problema a valores próprios e propriedades; casos simples 1D; efeitos qualitativos da curvatura, pressão, corrente e parede condutora.*

*4. A configuração Tokamak: modelo de corrente de superfície; limite beta de equilíbrio, limite de Kruskal-Shafranov, instabilidade vertical; domínio operacional e limites de Troyon; disrupções.*

*5. Movimento do centro-guia e classificação dos tipos de órbitas.*

*6. Transporte em tokamaks: transporte clássico; partículas aprisionadas e transporte neoclássico; turbulência e transporte anômalo.*

*7. Aquecimento do plasma e geração de corrente.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1. Plasma-physics challenges for fusion.*

*2. Magnetic equilibrium: the MHD model for fusion; 1D simple cases; force balance in a torus; Grad-Shafranov's equation and safety factor;*

*3. MHD Stability: force operator; eigenvalue-problem formulation and properties; 1D simple cases; qualitative effects of curvature, pressure, current, and conducting wall.*

*4. The Tokamak configuration: surface-current model; equilibrium beta limit, Kruskal-Shafranov's limit, vertical instability; operational domain and Troyon's limits; disruptions.*

*5. Guiding-centre motion and classification of orbit types.*

*6. Transport in tokamaks: classical transport; trapped particles and neoclassical transport; turbulence and anomalous transport.*

*7. Plasma heating and current drive.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*80% avaliação contínua por séries de problemas (até 20%) e escrita, apresentação e discussão de um trabalho científico (não inferior a 60%).*

*20% exame*

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

*80% continuous assessment by series of problems (up to 20%) and writing, presenting and discussing a scientific essay (no less than 60%)*

*20% exam*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva*

**de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.**

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

***The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.***

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

***Plasma Physics and Fusion Energy, J. Freidberg , 2007, Cambridge University Press, ISBN-13: 13 978-0-521-85107-7; Tokamaks, J. Wesson , 2011, Oxford University Press, ISBN: 9780199592234***

**Mapa IV - Plasmas de Baixa Temperatura**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Plasmas de Baixa Temperatura***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Low Temperature Plasmas***

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

***FPLFN***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***84.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***(21.0) T-7;PL-14***

**4.4.1.6. ECTS:**

***3.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist12747, Luís Paulo Da Mota Capitão Lemos Alves, 10.5h***

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

***ist13264, Vasco António Dinis Leitão Guerra, 10.5h***

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

***Oferecer uma introdução à Física dos Plasmas de Baixa Temperatura (LTPs).***

***Permitir que os alunos adquiram um conhecimento abrangente sobre***

***- a produção de LTPs a partir de descargas em gases;***

***- as descrições cinética (microscópica) e fluido (macroscópica) de LTPs;***

***- a análise global de LTPs usando modelos de descarga, tendo em conta a sua reactividade.***

***O curso oferece uma apresentação da equação cinética de Boltzmann para os electrões, tal como é habitualmente utilizada em LTPs, incluindo o seu tratamento matemático (com ênfase no estudo dos efeitos produzidos pelo campo elétrico e por diferentes tipos de colisões) e a sua implementação numérica.***

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

*To provide an introduction to the Physics of Low-Temperature Plasmas (LTPs).*

*Students will acquire comprehensive knowledge on*

- the production of LTPs from gas discharges;*
- the kinetic (microscopic) and fluid (macroscopic) descriptions of LTPs;*
- the global analysis of LTPs using discharge models, accounting for their reactivity.*

*The course offers a detailed presentation of the kinetic Boltzmann equation for the electrons, as is commonly used in LTPs, including its mathematical treatment (focusing on the study of the effects produced by the electric field and different types of collisions) and its numerical implementation.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1 – Plasmas de baixa temperatura (LTPs): definição e aplicações. Conceitos básicos. Modelos para a descrição de LTPs.*

*2- Produção de LTPs a partir de descargas em gases. Lei de Pashen. Classificação das descargas em gases. Reatores a plasma. Bainhas de carga de espaço. Critério de Bohm.*

*3 – Descrição cinética (microscópica) de LTPs. Equação de Boltzmann eletrónica. Estrutura de átomos e moléculas; colisões electrão-neutro elásticas, inelásticas e superelásticas. Desenvolvimento em harmónicas esféricas e aproximação das pequenas anisotropias. A função de distribuição de energia dos eletrões. Operadores lineares e não lineares. Equação de Fokker-Planck. Resolução numérica da equação de Boltzmann eletrónica.*

*4 – Descrição fluido (macroscópica) de LTPs. Equações hidrodinâmicas. Regimes de difusão. Condição de Schottky.*

*5 – Reatividade em LTPs. Modelos globais / colisionais-radiativos. Acoplamento com a equação de Boltzmann eletrónica. Características de descarga.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1 – Low-temperature plasmas (LTPs): definition and applications. Basic concepts. Models for describing LTPs.*

*2 – Production of LTPs from gas discharges. Paschen's law. Classification of gas discharges. Plasma reactors. Space-charge sheaths. Bohm criterion.*

*3 – Kinetic (microscopic) description of LTPs. Electron Boltzmann equation. Structure of atoms and molecules: electron-neutral elastic, inelastic and superelastic collisions. Development in spherical harmonics and the small-anisotropy approximation. The electron energy distribution function. Linear and non-linear operators. The Fokker-Planck equation. Numerical solution of the electron Boltzmann equation.*

*4 – Fluid (macroscopic) description of LTPs. Hydrodynamic equations. Diffusion regimes. Schottky's condition.*

*5 – Reactivity in LTPs. Global / collisional-radiative models. Coupling with the electron Boltzmann equation. Discharge characteristics.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*Resolução de duas séries de problemas e respectiva discussão oral*

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

*Solution of two series of problems and corresponding oral discussion.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Kinetics and Spectroscopy of Low Temperature Plasmas*, J. Loureiro and J. Amorim, 2016, Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-09252-2; *Physique des plasmas, Volumes 1 and 2 (French)*, J.-L. Delcroix and A. Bers, 1994, EDP Sciences. ISBN-13: 978-2868833686; ISBN-13: 978-2868833693; *Gaseous Electronics and Gas Lasers*, B. E. Cherrington, 1979, Pergamon Press. ISBN-13: 978-0080206226; *Motions of Ions and Electrons*, W. P. Allis, in *Handbuch der Physik*, vol. 21, 1956, S. Flügge, Springer-Verlag – Berlin.; *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*, M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, 1994, John Wiley. ISBN: 0-471-00577-0; *Foundations of modelling of nonequilibrium low-temperature plasmas*, L. L. Alves, A. Bogaerts, V. Guerra and M. M. Turner, 2018, *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 023002

**Mapa IV - Física de Partículas****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Física de Partículas*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Particle Physics*

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

*FPaFN*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*(42.0) T-28;TP-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12001, Mário Joao Martins Pimenta, 42h*

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

*<sem resposta>*

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

*Dar uma introdução à Física de Partículas, com ênfase na teoria e na experiência. Os estudantes devem adquirir um conhecimento básico dos desenvolvimentos mais importantes da Física de Partículas e obter uma perspectiva das questões fundamentais em aberto no domínio. Deve também dar uma base para aqueles que pretendem seguir uma especialização em Física de Partículas teórica ou experimental*

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

*Give an introduction to Particle Physics, focusing on theory and experiment. Students should acquire a basic knowledge of the most important developments in particle physics, and have a perspective on the fundamental open questions in the field. It should also provide background for those pursuing a specialization in theoretical or experimental Particle Physics.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Os constituintes e as interações fundamentais. Cinemática Relativista. Secção eficaz total e diferencial, elástica e inelástica. Unidades. Interação de partículas com a matéria. Detectores e Aceleradores. Mecânica Quântica não relativista: A experiência de Rutherford. A descoberta dos raios cósmicos. A anti-matéria. Píões e múões. A estranheza. Mecânica Quântica Relativista: Colisões e decaimentos. Eq. de Klein-Gordon e de Dirac. Teoria quântica dos campos e diagramas de Feynman: QED. Grupos e simetrias. O Zoo das partículas. Isospin. "The eightfold way": Os Quarks. Difusão inelástica profunda de electrões em prótons. Quarks e partões. A côm. O campo electromagnético. Invariância de gauge. As interações fracas. O modelo de Fermi. A violação da Paridade. A teoria V-A. O Modelo Standard Electrofraco:  $SU(2)_L \times U(1)$ . Quebra espontânea de Simetria: O mecanismo de Higgs. Testes experimentais da Teoria Electrofraca. A descoberta do Higgs.*

**4.4.5. Syllabus:**

*The building blocks and the fundamental interactions. Relativistic kinematics. Cross section: total, differential, elastic, inelastic. Unities. Interaction of the particles with the matter. Detectors and accelerators. Non relativistic Quantum Mechanics: Rutherford experiment. Cosmic rays discovery. Anti-matter. Pions and muons. The strangeness. Relativistic Quantum Mechanics: Klein-Gordon and Dirac equations. Fermi golden rule: collisions and decays. Quantum field theory and Feynman diagrams. QED. Groups and symmetries. The particle Zoo. Isospin. "The eightfold way". Quarks. Deep inelastic scattering. Quarks and partons. The colour. Gauge invariance. Fermi Weak interactions. Parity violation. V-A. The electroweak standard model:  $SU(2)_L \times U(1)$ . Spontaneous symmetry breaking: the Higgs boson. Experimental tests of the Standard Model. The discovery of the Higgs boson.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*0-75% Avaliação contínua por 2 minitests (a realizar durante aulas TP)*

*[Havendo recursos de assistentes de docência adequados, o docente poderá decidir alterar os testes para fichas e/ou séries de problemas.]*

*25% Pequena monografia num topico especifico relacionado com uma experienia presente ou futura*

*0% - 75% Exame*

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

*0-75% - grading during the semester with 2 mini-tests (during the TP classes)*

*[Provided there are adequate teaching assistant resources, the lecturer may opt to substitute tests for problem series.]*

*25% Short written monograph on specific topic related with one present or future experiment. Oral presentation.*

*0 - 75% Exam*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Modern Particle Physics, Mark Thomson, 2013, Cambridge University Press; Questions to the Universe. An introduction to particle and Astroparticle Physics 2nd edition, Alessandro De Angelis, Mário Pimenta, 2018, Springer*

**Mapa IV - Relatividade e Cosmologia****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Relatividade e Cosmologia****4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Relativity and Cosmology*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****AstGrav*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****(49.0) T-28;TP-21*****4.4.1.6. ECTS:*****6.0*****4.4.1.7. Observações:*****<sem resposta>*****4.4.1.7. Observations:*****<no answer>*****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):*****ist13673, José Pizarro de Sande e Lemos, 49h*****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:*****<sem resposta>*****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Aprender os conceitos básicos de relatividade geral e suas aplicações à cosmologia e a certos aspectos da astrofísica. Ficar apto a ler a literatura especializada mais relevante bem como a desenvolver investigação nesta área.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****To give a practical knowledge in the area and to possible the reading of the relevant literature.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****I. Cálculo tensorial e noções básicas de geometria diferencial. II. As equações de campo de Einstein e os testes clássicos da relatividade geral: a) precessão do periélio de Mercúrio; b) deflexão da luz num campo gravitacional; c) desvio para o vermelho num campo gravitacional. III. Buracos negros IV. Cosmologia: cosmografia e testes clássicos da cosmologia e estudo do modelo do big bang.*****4.4.5. Syllabus:*****I. Tensorial Calculus and fundamentals of differential geometry. II. Einstein's field equations and the classical tests of general relativity III. Black Holes IV. Cosmology: cosmography and classical tests of cosmology and study of the big bang model.*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

**50%: exame final**

**30%: avaliação contínua através de projecto de grupo e apresentação de resolução na aula.**

**20% avaliação contínua, através de resolução de série de exercícios nas aulas.**

**Cerca de 30% da avaliação contínua tem uma componente de programação e computação.**

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

**50%: final exam**

**30%: continuous assessment via group project resolution and presentation in class.**

**20% continuous assessment via resolution of series of exercise in class.**

**An estimated 30% of the continuous assessment will be based on a computing component. Curricular unit grading.**

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Introducing Einstein's Relativity, R. D'Inverno, 1992, Clarendon Press, Oxford ; Gravitation, C. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler, 1973, Freeman, San Francisco; Introduction to General Relativity, 2nd edition, R. J. Adler, M. Bazin, M. Schiffer, 1975, McGraw-Hill, New York ; Gravitation and Cosmology , S. Weinberg, 1972, Wyley, New York ; Introduction to General Relativity , L. Ryder, 2009, Cambridge University Press, Cambridge*

**Mapa IV - Laboratório de Instrumentação e Aquisição de Dados****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Laboratório de Instrumentação e Aquisição de Dados**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Laboratory of Instrumentation and Data Acquisition**

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

**FPaFN**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**(42.0) OT-42**

**4.4.1.6. ECTS:**

**6.0**

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist45381, Pedro Jorge dos Santos de Assis, 42h*

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

*A definir contribuições para acompanhamento dos projectos.*

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

*Esta UC tem como objectivo dotar os alunos de conhecimentos avançados em aquisição de dados e instrumentação bem como a capacidade de desenvolverem um projecto de aquisição de dados e instrumentação de detectores utilizados em Física. O projecto poderá estar relacionado e ser desenvolvido em ambiente de investigação*

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

*The Curricular Unit aims at giving the students the knowledge on the techniques used in instrumentation and data acquisition and the application of these concepts in the development of a project. The project development can be linked to ongoing research activities.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Instrumentação básica. Cabos e conectores, fontes de alimentação, multímetros e osciloscópios, acoplamento CC e CA, triggering, modos YT vs XY, geração de formas de onda (sinusoidal, quadrada, triangular)  
Condicionamento de sinais. Filtros, impedância, reguladores de tensão, AmpOp, buffers, soma, diferenciação e integração, amplificadores de instrumentação  
Aquisição de sinal. I/O analógico (resolução e velocidade ADC e DAC), processamento de sinal, identificação e estimativa de parâmetros, ADCs e DACs  
Eletrónica digital. Portas, contadores e osciladores, dispositivos, implementação, FPGAs e sua programação. Noções básicas de computador, I/O, portas série  
Técnicas experimentais. Resposta a um step e teste de onda quadrada, teste sinusoidal e teste de varrimento sinusoidal.  
Detectores rápidos de muito alta sensibilidade. Alta densidade de canais. ASICs. Sistemas de realimentação a alta frequência.*

4.4.5. Syllabus:

*Basic Instrumentation. Cables and Connectors, power supplies, multimeters and oscilloscopes, DC and AC coupling, triggering, YT vs XY modes, waveform generation (sinusoidal, square, triangular)  
Signal conditioning. Filters, impedance, voltage regulators, Operational Amplifiers, buffers, summing, differentiation and integration, instrumentation amplifiers  
Signal acquisition. Analog i/o (ADC and DAC resolution and speed), signal processing, parameter identification and estimation, ADCs and DACs  
Digital Electronics. Gates, counters and oscillators, devices, implementation, FPGAs and their programming. Computer Basics, computer i/o, serial ports, audio i/o  
Experimental Techniques. Step response and square wave testing, sinusoidal testing and swept sine testing  
Fast and high sensitivity detectors. High channel density. ASICs. Feedback systems at high frequency.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Projecto realizado bem como a sua apresentação e discussão*

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

*Work developed during the project, its presentation and discussion.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.*

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

*The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes and experimental work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.*

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

*Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, J. Webster, Halit Eren, 2014, CRC press*

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

*Astrofísica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Astrophysics*

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

*AstGrav*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T-28; TP-21 (49H)*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 49h*

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

*TA1, 21 h*

*Nota: Aulas TP 2 docentes.*

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

*Nesta UC os alunos vão aprender os conceitos e fundamentos da astrofísica estelar. A formação vai incidir sobre a compreensão dos fenómenos astrofísicos através da aplicação de leis fundamentais da física clássica e moderna. Os alunos vão ainda familiarizar-se com o trabalho teórico e os avanços observacionais da astrofísica contemporânea. Os*

**conceitos vão ser explicados sem demonstrações formais completas, mas dado ênfase na física. Além disso os alunos vão apreender a desenvolver uma atitude pragmática na resolução de problemas recorrendo aos princípios físicos e às técnicas matemáticas.**

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

***Learn the fundamentals and concepts of stellar astrophysics. Enhance the understanding of the astrophysical phenomena by the application of fundamental laws of classical and modern physics. Students will get familiarized with the theoretical work and observational breakthroughs of contemporaneous astrophysics. The concepts are explained without complete formal demonstrations, but rather with an emphasis on physics. Students will develop a pragmatic attitude to solve problems by recurring to physics principles and mathematical techniques.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Introdução à astrofísica (a interação da matéria e da luz, espectro eletromagnético, telescópios); Atmosfera das estrelas (espectros estelares, formação de linhas espectrais, diagrama de Hertzsprung-Russell); Interior das estrelas (equações de estrutura, equação de estado, opacidade, transporte de energia, nucleossíntese, modelos politrópicos); Sol (modelo solar padrão, neutrinos solares, dínamo solar); Meio interestelar (poeira e gás, nuvens interestelares, instabilidades e critério de Jeans, teorema do virial, formação de protoestrelas); pulsação estelar (estrelas variáveis, oscilações estelares não radiais, helioseismologia, asteroseismologia); destino das estrelas (sub-gigante, gigantes vermelhos, gigantes assintóticos vermelhos, aglomerados estelares), restos estelares / estrelas compactas (anãs brancas, estrelas de neutrões, buracos negros); galáxias no universo (Via Láctea, centro galáctico, classificação de galáxias).***

**4.4.5. Syllabus:**

***Introduction to astrophysics (the interaction of matter and light, electromagnetic spectrum, telescopes); Atmosphere of the stars (stellar spectra, formation of spectral lines, Hertzsprung-Russell diagram); Interior of the stars (equations of structure, equation of state, opacity, energy transport, nucleosynthesis, polytropic models); Sun (solar standard model, solar neutrinos, solar dynamo); Interstellar medium (dust and gas, interstellar clouds, instabilities and Jeans criterion, the virial theorem, formation of protostars); stellar pulsation (variable stars, nonradial stellar oscillations, helioseismology, asteroseismology); fate of stars (subgiant, red giants, asymptotic red giants, stellar clusters), stellar remnants/compact stars (white dwarfs, neutron stars, black holes); galaxies in the universe (Milky Way, galactic center, classification of galaxies).***

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

***Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.***

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

***Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.***

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

***100% de avaliação contínua (mini-testes, séries de problemas, projetos, apresentações orais e discussões de projetos) ou 100% exame final. Cerca de 15% da avaliação contínua tem uma componente de programação e computação.***

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

***100% continuous assessment (Mini-tests, problem series, projects, oral presentations and discussions of projects) or 100% final exam. About 15% of continuous assessment has a programming and computing component.***

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

***A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, projetos e trabalhos de grupo. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como auxiliará o nivelamento do conhecimento de estudantes com diferentes proveniências e formações.***

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

**The teaching methodologies, based on the transfer of theoretical and practical concepts through the extensive use of demonstration classes, projects and group work, will allow to fulfill the intended learning outcomes, as well as to level the knowledge of students with different backgrounds and formations.**

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

**An Introduction to Modern Astrophysics (second edition), Bradley W. Carroll and Dale A. Ostlie, 2014 (updated version), Pearson Education Limited, ISBN 13: 978-1-292-02293-2; Stellar Structure and Evolution (Second Edition), Kippenhahn, Rudolf; Weigert, Alfred; Weiss, Achim, 2012, Springer, ISBN 978-3-642-30255-8; Fundamental Astronomy (Six Edition), Hannu Karttunen, Pekka Kroger, Heikki Oja, Markku Poutanen, Karl J. Donner, 2017, Springer, ISBN 978-3-662-53044-3**

## 4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem

### 4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:

**Várias estratégias estão previstas (ver 4.7) e muitas já foram implementadas, nomeadamente:**

**Introdução/reforço de unidades curriculares (UC) baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, com um maior envolvimento dos estudantes na sala de aula e em processos de avaliação mútua e feed-back;**

**Reforço da utilização de ferramentas e plataformas digitais (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) que permitem um feedback instantâneo, assim como aprendizagem à distância e avaliação.**

**Integração de estudantes no âmbito de projetos interdisciplinares/multidisciplinares, em institutos de investigação e/ou empresas, a nível do 1º ciclo e das dissertações de mestrado.**

**Creditação de atividades extracurriculares, valorizando projetos multidisciplinares, organização de jornadas, cursos / estágios de Verão, etc, que permitem o desenvolvimento de competências transversais.**

### 4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

**Several strategies are foreseen (see 4.7) and many have already been implemented, namely:**

**Introduction of curricular units (UC) based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, aiming at a greater involvement of students in the classroom in mutual evaluation processes and feed-back;**

**Reinforcement of the use of digital tools and platforms (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) that allow instant feedback, as well as e-learning and evaluation.**

**Integration of students in interdisciplinary / multidisciplinary projects, in research institutes and / or companies, at the level of the 1st cycle and master's dissertations.**

**Accreditation of extracurricular activities, namely, multidisciplinary projects, organization of days, summer courses / internships, etc., which allow the development of transversal skills.**

**Reinforcement of continuous assessment with the significant reduction (<50%) of the weight of the evaluation by exams.**

### 4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

**No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de preencher uma questão relativa à carga de trabalho relativa a cada UC. A informação obtida a partir de todos os estudantes de cada UC é compilada e tratada para comparar a carga prevista com a carga estimada pelos estudantes. Quando há um grande desajuste entre a carga estimada e a carga prevista (superior a 1,5 ECTS) a situação é analisada no âmbito da Comissão QUC do Conselho Pedagógico. Nos casos em que se justifique é estabelecido um plano de ação envolvendo os departamentos e coordenações.**

### 4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

**Under the QUC forms (Course Unit Quality System), students must answer a question related to the workload involved in each UC. The information obtained from all students in each QUC is compiled and treated to compare the expected workload with the workload estimated by the students. When the imbalance between the estimated workload and the expected workload is significant (greater than 1,5 ECTS) the situation is analysed under the QUC Committee of the**

**Pedagogical Council. Where applicable, a plan of action is devised by getting departments and programme coordinators involved.**

**4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Em julho de cada ano são efetuadas reuniões de coordenação dos vários cursos, de forma a calendarizar o trabalho exigido aos estudantes ao longo dos semestres letivos e dos períodos de avaliação, pretende-se distribuir o trabalho dos estudantes ao longo do tempo, dando-se especial ênfase à aprendizagem contínua. Esta calendarização atempada permite ao estudante planear o seu ano letivo/semestre, potenciando o sucesso escolar. No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de preencher um bloco de questões específicas relativo à aquisição e/ou desenvolvimento de competências obtidas no âmbito de cada UC, que inclui perguntas sobre o desenvolvimento de conhecimentos e compreensão das matérias, bem como a melhoria da capacidade de aplicação de conhecimentos de forma autónoma e de desenvolvimento do sentido crítico na utilização prática das mesmas.*

**4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:**

*Every year in July, meetings are held with programme coordinators, in order to schedule the work required from students throughout the semesters and evaluation periods. The purpose is to distribute student workload throughout time, giving special attention to continuous learning. This timely scheduling allows the student to plan his academic year/semester, enhancing academic achievement. Under the QUC surveys, students should complete a number of specific questions regarding the acquisition and/or development of skills acquired under each QUC, in particular about the development of knowledge and understanding of subject matters, and improvement of the capacity of application of knowledge autonomously and development of critical judgment in their practical application.*

**4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):**

*Além das UCs “Projeto Integrador de 2º ciclo em Engenharia Física Tecnológica” e “Dissertação de Mestrado em Engenharia Física Tecnológica” terem por objetivo o desenvolvimento de um trabalho numa empresa, num centro de investigação, ou num projeto empresarial multidisciplinar (designado por ‘SCOPE-Senior CapstOne ProjEct’ do IST), existem atividades de “handson” e “brainson” de verão em estágios curtos de Investigação, escolas temáticas e seminários, organizados pelas Unidades de Investigação. A interpretação e discussão de artigos científicos é parte da avaliação de algumas UC’s dos 4o e 5o anos, principalmente. Por fim, no âmbito das UCs “Atividades Extracurricular I e II” os alunos podem adquirir competências técnicas adicionais ou soft skills, através da participação em cursos de especialização, escolas científicas, workshops e conferências.*

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

*In addition to the UCs "Integrating Project for the 2nd cycle in Engineering Physics" and "Master's Dissertation in Engineering Physics" aim to develop work in a company, in a research center, or in a multidisciplinary business project (called 'SCOPE -Senior CapstOne ProjEct' from IST), there are summer activities of “hands-on” and “brains-on” in small research internships, thematic schools and seminars, organized by the Research Units.*

*The interpretation and discussion of scientific articles is part of the evaluation of some UC's of the 4th and 5th years, mainly. Finally, in the scope of UCs “Extracurricular Activities, I and II” students can acquire additional technical skills or soft skills, through participation in specialization courses, scientific schools, workshops and conferences.*

## **4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos**

**4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:**

*Tendo em consideração que a normativa legal aponta para uma formação de 2º ciclo entre 90 e 120 créditos ECTS, e considerando os objetivos definidos para este ciclo de estudos no ensino universitário, entendeu-se estabelecer, à semelhança de outros ciclos similares da unidade orgânica, um total de 120 créditos ECTS, decorrendo ao longo de quatro semestres letivos.*

**4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:**

*Given that the legal regulation points to a formation of the 2nd cycle between 90 and 120 credits ECTS, and considering the established objectives for this university course, it was decided to establish, like to other similar cycles of the organic unities, a total of 120 ECTS, elapsing over four semesters.*

#### 4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

*O Instituto Superior Técnico tem um padrão para a definição de ECTS nas unidades curriculares de todos os seus ciclos de estudo, e recentemente, uma reflexão e discussão aprofundada na escola conduziu a uniformização da oferta de UC de 12, 9, 6 e 3 ECTS; Alterações específicas a esse padrão são analisadas caso a caso pelo Conselho Científico mediante proposta das coordenações de curso.*

#### 4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

*IST has a pattern to define the ECTS for the course units of all its study cycles, and recently, in-depth reflection and discussion in the school has led to the standardization of the UC offer of 12, 9, 6 and 3 ECTS; Specific amendments to that pattern are analyzed on a case-by-case approach at the request of the Scientific Board on a proposal from the course coordinators.*

### 4.7. Observações

---

#### 4.7. Observações:

*O Técnico estabeleceu como uma das suas prioridades a atualização e adaptação do seu modelo de ensino e práticas pedagógicas aos dias de hoje. Neste contexto desencadeou um processo de análise e reflexão sobre o seu modelo de ensino e práticas pedagógicas, visando definir as linhas orientadoras para uma reorganização da formação na Escola. Em Janeiro de 2018 foi constituída a “Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas” - CAMEPP do IST, mandatada pelos órgãos da Escola, para repensar o modelo de formação pedagógica do IST. Dessa análise resultou um conjunto de medidas relativamente à estrutura curricular, organização, filosofia, e práticas pedagógicas, que estão refletidas no documento PERCIST- “Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 2122”. O PERCIST estabeleceu as linhas gerais para a reestruturação de todos os cursos conferentes de grau de 1º e 2º ciclos do Instituto Superior Técnico (IST) que vão ser implementados em 21-22.*

*As principais medidas que vão ser implementadas e que foram incorporadas na reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclos do IST são aqui apresentadas de forma genérica:*

- *Reconhecimento da importância da formação de base sólida em Ciências de Engenharia;*
- *Alteração para UCs de 12, 9, 6 e 3 unidades do Sistema europeu de transferência e acumulação de créditos (ECTS);*
- *Aumento generalizado da flexibilidade curricular a nível de 1º ciclo com a criação de pre-major (até 12ECTS), e no 2º ciclo com a oferta de opções livres (18-30ECTS);*
- *Criação de minors coerentes de 18 ECTS, ao nível do 2.º ciclo, numa área de formação complementar e multidisciplinar, que pode ser intra- ou interdepartamental;*
- *Criação/reforço de projetos integradores e interdisciplinares que envolverá trabalho preferencialmente em equipa e podendo ter por base problemas e desafios reais: i) num projeto tipo Capstone ii) numa Unidade de Investigação, ou iii) em ambiente empresarial (UC “Projeto Integrador de 1º ciclo (PIC1));*
- *A nível de 2º ciclo, a dissertação de mestrado poderá ser enquadrável também em uma de três modalidades: i) tese científica, ii) projeto em empresa e ii) projeto CAPSTONE, potenciando a interdisciplinaridade.*
- *Reconhecimento curricular de atividades extracurriculares;*
- *Introdução da formação em Humanidades, Artes e Ciências Sociais (HASS);*
- *Reforço das competências transversais integradas nas unidades curriculares;*
- *Reforço das valências em computação e programação;*
- *Aumento da formação em empreendedorismo e inovação;*
- *Mudança de paradigma de ensino com introdução/reforço de unidades curriculares baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on;*

*Informação mais detalhada sobre algum destes aspetos poderá ser disponibilizada e consultada em: Relatório CAMEPP e documento PERCIST.*

#### 4.7. Observations:

*Técnico established, as one of its priorities, the reshaping of its teaching model and pedagogical practices to today's world. In this context, it started a process of analysis and reflection on its teaching model and pedagogical practices, aiming to define the guidelines for a reorganization of the courses curricula and pedagogical model in the School. In January 2018, the "Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas - CAMEPP" was set up, mandated by the School bodies, to rethink the IST's pedagogical training model. This analysis resulted in a set of measures regarding the curricular structure, organization, philosophy, and pedagogical practices, which are reflected in the document PERCIST "Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 2122". PERCIST has established the general guidelines for restructuring all courses of Instituto Superior Técnico (IST), conferring degrees from 1st and 2nd cycles, and that will be implemented in 21-22.*

*The main measures that are going to be implemented, and that were incorporated in IST's 1st and 2nd cycle courses, are presented here in a generic way:*

- *Recognition of the importance of solid training in Engineering Sciences;*
- *Change to UCs of 12, 9, 6 and 3 units of the European credit transfer and accumulation system (ECTS);*
- *Increased of curricular flexibility at the 1st cycle level with the creation of pre-major curricular units (up to 12ECTS), and in the 2nd cycle with curricular units as free options (18-30ECTS);*
- *Creation of coherent minors of 18 ECTS, at the level of the 2nd cycle, in an area of complementary and multidisciplinary training, which can be intra- or interdepartmental;*
- *Creation / reinforcement of integrative and interdisciplinary projects that will involve preferably team work and may be based on real problems and challenges: i) in a Capstone project ii) in a Research Unit, or iii) in a business environment (UC "Projeto Integrador de 1st cycle (PIC1));*
- *At the 2nd cycle level, the master's dissertation may also fit into one of three types: i) scientific thesis, ii) company project and ii) CAPSTONE project, enhancing interdisciplinarity.*
- *Curricular recognition of extracurricular activities;*
- *Introduction of training in Humanities, Arts and Social Sciences (HASS);*
- *Reinforcement of transversal competences integrated in the curricular units;*
- *Reinforcement of computing and programming skills;*
- *Increased training in entrepreneurship and innovation;*
- *Changing the teaching paradigm with the introduction / reinforcement of curricular units based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on;*

*More detailed information on any of these aspects can be made available and consulted: CAMEPP report and PERCIST document.*

## 5. Corpo Docente

### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.  
**Ilídio Pereira Lopes**

### 5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

#### 5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
José Manuel Dias Ferreira de Jesus	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA ELECTROTECNICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

João Paulo Ferreira da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Patrícia Conde Muíño	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física de Partículas	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Pedro Miragaia Trancoso Vaz	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Fernando José De Carvalho Barão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Jorge Dos Santos de Assis	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Paulo Da Mota Capitão Lemos Alves	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Luís Rodrigues Júlio Martins	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Katharina Lorenz	Professor Associado convidado ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Manuel Dos Santos Rodrigues da Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Domingos Santos do Sacramento	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vítor João Rocha Vieira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	CIENCIAS "FISICA DA MATERIA CONDENSADA"	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ruben Maurício da Silva Conceição	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Hugo Fernando Santos Terças	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Carlos Carvalho de Sá Seixas	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro José Oliveira Sebastião	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Maria Vergueiro Monteiro Cidade Mourão	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Teresa Ferreira Marques Pinheiro	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	BIOLOGIA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Gernot Eichmann	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Physics	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Igor Nedzelskiy	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Plasma Physics	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Elmar Biernat	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Physics	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Filipe Moreira Mendes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Augusto Santos Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Teresa Haderer de la Peña Stadler	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Luís Maia Figueirinhas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

José Joaquim Gonçalves Marques	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Bernardo António Neto Gomes Baptista Tomé	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Manuel Agostinho Dilão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Miguel Rodrigues Zilhão Nogueira	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Alberto Nogueira Garcia da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Miguel De Oliveira e Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vítor Manuel dos Santos Cardoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Patrícia Carla Serrano Gonçalves	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ilídio Pereira Lopes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Astrofísica e Gravitação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rodrigo Clemente Velez Mateus	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Guilherme Teixeira de Almeida Milhano	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA TEÓRICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro José Gonçalves Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Physics	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Jorge Miguel Ramos Domingues Ferreira Vieira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Diana Cristina Pinto Leitão	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Eduardo Jorge Da Costa Alves	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física Nuclear	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Pedro Saraiva Bizarro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
David Mathew Hilditch	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Mathematics	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Mário João Martins Pimenta	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Horácio João Matos Fernandes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ivo De Medeiros Varzielas	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
Liliana Marisa Cunha Apolinário	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Pizarro de Sande e Lemos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alfred Stadler	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	<a href="#">Ficha submetida</a>

Ana Neves Vieira da Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física Tecnológica	20	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vasco António Dinis Leitão Guerra	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Artur Jorge Louzeiro Malaquias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vânia Cristina Henriques Silvério	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Mecânica	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Balio Lavoura	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	<a href="#">Ficha submetida</a>
				<b>4580</b>	

<sem resposta>

#### 5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

##### 5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

###### 5.4.1.1. Número total de docentes.

55

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

45.8

##### 5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

###### 5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.\* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.\*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	42	91.703056768559

##### 5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

###### 5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor\* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD\*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	45.8	100

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

###### 5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / "Specialised teaching staff" of the study programme.

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	45.5	99.344978165939	45.8

Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0	45.8
--	---	---	------

#### 5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.

##### 5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	45.5	99.344978165939	45.8
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0	45.8

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

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

*A avaliação do desempenho do pessoal docente do IST assenta no sistema multicritério definido no "Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes do Instituto Superior Técnico" (Despacho n.º 3855/2017, DR 2ª série, n.º 88 de 8 de maio de 2017, que actualiza o Despacho n.º 262/2013, DR, 2ª série, n.º 4, de 7 de janeiro de 2013, e o despacho n.º 4576/2010, DR 2ª Série, n.º 51 de 15 de março), sendo aplicado a cada docente individualmente e é aplicado nos períodos estipulados por Lei.*

*Permite a avaliação quantitativa da atuação do pessoal docente nas diferentes vertentes, e reflete-se nomeadamente sobre a distribuição de serviço docente regulamentada pelo Despacho Reitoral n.º 8985/2011 (DR, 2ª Série, N.º 130 de 8 de julho).*

##### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*Performance assessment of IST teaching-staff relies on the multi-criteria system defined in the "Regulations of Performance of IST Teaching-staff" (Rectoral Order 3855/2017 Government Journal 2nd Series, No 88 of May 8, that updates the Rectoral Order 262/2013 Government Journal 2nd Series, No 4 of January 7 and the Rectoral Order 4576/2010, Government Journal 2nd Series, No. 51 of 15 March), which is applied to each professor individually and for periods established under the law. It allows for the quantitative assessment of the performance of the teaching staff in different strands and is reflected particularly on the allocation of the teaching duties, which is governed by the Rectoral Order 8985/2011 (Government Journal, 2nd Series, No. 130 of 8th July).*

##### 5.6. Observações:

<sem resposta>

##### 5.6. Observations:

<no answer>

## 6. Pessoal Não Docente

**6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.**

*Sete funcionários em regime de tempo integral prestam apoio direto à lecionação:*

*2 técnicos de laboratório*

*5 funcionários para apoio administrativo.*

*Três bolseiros, alunos do 5o ano do CE, prestam apoio ao ensino digital (digital clearing) de várias UCs: criação de bases de dados, com problemas típicos de aulas e avaliações, criação de fichas de avaliação eletrónicas, etc*

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

*Seven full time employees are allocated to provide technical assistance to teaching:*

*2 laboratory technicians*

*5 employees for secretariat/administrative activities.*

*Three fellowship students of the 5th year of the MEFT are engaged in the support to digital learning in several UCs: organization of databases with typical problems from classes and exams, setting up electronic evaluation sheets, etc*

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

*Licenciatura: 2*

*12o Ano: 4*

*11o Ano: 1*

**6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.**

*Graduation: 2*

*Secondary Education (12th Grade): 4*

*Secondary Education (11th Grade): 1*

**6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

*O IST implementa o SIADAP desde a sua criação jurídica, em 2004, tendo actualizado o funcionamento e os procedimentos, com as revisões do sistema de avaliação, em 2007 e em*

*2013. A avaliação integra os subsistemas:*

*- de Avaliação do Desempenho dos Dirigentes da Administração Pública - SIADAP 2, aplicado em ciclos de três anos, consoante as comissões de serviço dos avaliados*

*- de Avaliação do Desempenho dos Trabalhadores da Administração Pública - SIADAP 3, com carácter bianual, a partir do ciclo de 2013-2014.*

*Todo este processo foi desmaterializado e está disponível na plataforma de aplicações centrais do IST (.dot), sendo acedido pelos vários intervenientes (avaliadores, avaliados, Direcção*

*de Recursos Humanos e dirigentes de topo) electronicamente. O processo PREVPAP vai permitir a integração de muitos colaboradores do técnico que não detinham um vínculo com a administração pública. Mais informação está disponível na página da DRH do IST na Internet.*

**6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development**

*Active since it was legally created in 2004, IST has updated its functioning and procedures and reviewed the evaluation system in 2007 and 2013. The evaluation includes the*

*following subsystems:*

*- the System for Performance Assessment of the Senior Officials of the Public Administration (SIADAP 2), applied in three cycles, depending on the service commissions of those evaluated;*

*- the System for Performance Assessment of the Public Administration*

*Employees (SIADAP 3), every two years, from 2013-2014. This process was dematerialized and is available on the central application form of IST (.dot). Access is made by the different actors (evaluators, evaluated, HR Division, and senior officials) electronically.*

*The PREVPAP regulations will drive IST to integrate diverse members of non-academic staff in the Public Administration. Further information about Human Resources Division available at IST webpage.*

**7. Instalações e equipamentos****7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

**Tipo de Espaço:**

- 36 Salas de aula (2070.7 m2)
- 14 Laboratórios de ensino/investigação (732.2 m2)
- 1 Sala de apoio a laboratórios (8.7 m2)
- 1 Biblioteca (929.2 m2)
- 2 Salas de informática (71.6 m2)
- 9 Salas de estudo (593.5 m2)
- 22 Anfiteatros de ensino (2098.6 m2)
- 19 Laboratórios de ensino (778.2 m2)

#### 7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

##### *Type of space:*

- 36 Classrooms (2070.7 m2)
- 14 Teaching/Research laboratories (732.2 m2)
- 1 Laboratory support room (8.7 m2)
- 1 Library (929.2 m2)
- 2 Computer rooms (71.6 m2)
- 9 Study rooms (593.5 m2)
- 22 Lecture halls (2098.6 m2)
- 19 Teaching laboratories (778.2 m2)

#### 7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

##### *Labs DF*

*Lab Microprocessadores, Instrumentação Eletrónica, Sist. Aquisição Dados e Controlo em Tempo Real, Lab Projeto e Controlo em Lógica Digital, Lab Multimédia*

##### *Labs Cent. Investigação*

*C2TN: Lab Feixe de Iões*

*CeFEMA: Labs RMN, RX, Microscopia (óptica, AFM, MFM, Eletrónica), Materiais Semicondutores e Conversão de Energia, Física e Tec. Semicondutores*

*CENTRA: Lab Astrofísica*

*CERENA: Equip. análise de dados sísmicos*

*CFTP: Infraestruturas de computação*

*INESC MN: Labs Téc. Micro e Nanofabricação (Sala Limpa), sist. deposição sputtering e infraestruturas de computação para simulação de sólidos*

*IPFN: L2ILab Lasers Intensos, Infraestruturas de Computação (GoLP) e EPP (Extreme Plasma Physics), Tokamak ISTTOK, MotLabLab Átomos UltraFrios e Plasmas Quânticos, PELLab Eng Plasmas, ESTHERTubo de Choque; Téc. Diagnóstico e Medida em Física de Plasmas, Lab Tec. a Plasma para Proces. Materiais*

*LIP: Lab. Eletrónica rápida; Lab. Detetores e Inst., Lab. deteção de muões cósmicos*

#### 7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

##### *Phys. Dep. Labs*

*Microprocessors Lab., Electronic Instrumentation, Data Acq. and Real-Time Control Syst. Lab., Project and Control in Digital Logic Lab., Multimedia Lab.*

##### *Labs. of Research Centres*

*C2TN: Ion Beam Lab*

*CeFEMA: Labs: NMR, XRay, Microscopy (optics, AFM, MFM, Electronic), Semiconductor Materials and Energy Conversion, Semiconductor Physics and Tec.*

*CENTRA: Astrophysics Lab.*

*CERENA: Equip. of seismic data analysis*

**CFTP: Computing infrastructures**

**INESC MN: Micro and Nanofabrication Tec. Lab. (Clean Room), sputtering deposition syst. and computing infrastructures for solids simulation**

**IPFN: Intense Lasers L2ILab, Computing Infrastructures (GoLP) and EPP (Extreme Plasma Physics), ISTTOK Tokamak, MotLab – Lab. Ultra Cold Atoms and Quantum Plasmas, PEL: Plasmas Engineering Lab, ESTHER: Shock Tube; Diagnosis and Measurement Tec. in Plasma Physics, Plasma Tec. for Materials Processing Lab.**

**LIP: Fast Electronics Lab.; Detect. and Instrument. Lab., Cosmic Muons Detection Lab.**

## 8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.

### 8.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

#### 8.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research centre(s) in the area of the study programme where teaching staff develops its scientific activity

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Classification FCT	IES / HEI	N.º de docentes do CE integrados / Number of study programme teaching staff integrated	Observações / Observations
CENTRA - Centro de Astrofísica e Gravitação	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	6	
CFTP - Centro de Física Teórica de Partículas	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	3	
CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	10	
IPFN - Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	15	
INESC MN - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Microsistemas e Nanotecnologias	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	4	
LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	15	
C2TN - Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	8	
CERENA - Centro de Recursos Naturais e Ambiente	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	1	
IN+ - Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento	Excente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	2	

IT - Instituto de Telecomunicações	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	1	UC Opcional lecionado por docente do DM
Centros de Investigação do IST. <a href="https://tecnico.ulisboa.pt/pt/investigacao-e-inovacao/id/areas-e-centros/">https://tecnico.ulisboa.pt/pt/investigacao-e-inovacao/id/areas-e-centros/</a>	-	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	0	Os alunos do MEFT podem fazer a UC PIC2 e/ou dissertação em qualquer centro de investigação do IST e/ou da Universidade de Lisboa.

## Pergunta 8.2. a 8.4.

**8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.**

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/178cac85-b3bd-9d93-2359-5e78d3bade24>

**8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:**

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/178cac85-b3bd-9d93-2359-5e78d3bade24>

**8.4. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos.**

*As unidades de Investigação onde estão afiliados os docentes do MEFT, membros do Departamento de Física (DF) ou de outros departamentos apresentam um elevado grau de internacionalização. Os membros do DF participam em projetos europeus e mundiais de grande escala, como LISA, JET, ITER, HIPER, ELI, e em grandes estruturas experimentais internacionais – Observatório de Auger, CERN (colaboração ATLAS, CMS, COMPASS), JLAB; são membros de várias missões internacionais na European Space Agency (ESA) e European Southern Observatory (ESO); e participam em várias Redes Europeias de investigação. O IPFN é responsável pelo Programa do contrato da Associação entre o IST e a EURATOM. Nos últimos 7 anos, dois membros do DF receberam 4 ERC grants, e vários membros coordenaram e/ou participam em redes europeias COST ACTION.*

*Docentes do DF são ainda membros fundadores de várias organizações científicas nacionais, Soc. Port. de Física, Soc. Port. Astronomia e Astrofísica, Soc. Port. de Relatividade e Gravitação, ect; 2 foram eleitos membros da Academia (Portuguesa) das Ciências, e vários são membros de várias organizações internacionais European Physical Society, American Physical Society, Institute of Physics, Royal Astronomical Society, Cambridge Philosophical Society, International Astronomical Union, ect; organizam regularmente varias atividades científicas para as camadas mais jovens, Olimpíadas de Física, Olimpíadas de Astronomia, Masterclasses in particle physics (CERN) e escolas de verão.*

*Informação adicional sobre os docentes do MEFT de outros departamentos do IST pode ser encontrada nos centros de investigação listados na secção 8.1.*

**8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.**

*The research units where MEFT faculty members of the Department of Physics (DF) and other departments are affiliated, have a high level of internationalization. The staff in the several scientific areas of DF participate in international largescale research projects such as LISA, JET, ITER, HIPER, ELI, and in major international organisations Auger Observatory, CERN (ATLAS, CMS, COMPASS collaborations), JLAB, they are members of several international missions at the European Space Agency (ESA) and European Southern Observatory (ESO); take part in several European Research Networks. IPFN is responsible for the Work Program of the Contract of Association between IST and the EURATOM. In the last 7 years, two members of the DF have received 4 ERC grants, and several members have coordinated and /or participated in European COST ACTION networks.*

*Faculty members of the DF are founding members of several national scientific organizations, Soc. Port. of Physics, Soc. Port. Astronomy and Astrophysics, Soc. Port. Relativity and Gravitation, etc; elected members of the (Portuguese) Academy of Sciences, and are members of several international organizations such as the European Physical Society, American Physical Society, Institute of Physics, Royal Astronomical Society, Cambridge Philosophical Society, International Astronomical Union, etc; and organised various scientific activities for the high-school students, Physics Olympiad, Astronomy Olympiad, Masterclasses in particle physics (CERN) and specialized summer schools.*

*Additional information about MEFT professors from other IST departments can be found at the research centers listed in section 8.1.*

## 9. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior

## público)

### 9.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclo de estudos similares com base em dados oficiais:

*Para a análise solicitada consideraram-se os dados relativos ao desemprego dos diplomados da DGEEC. Os dados mais recentes são relativos à situação em Junho de 2019 (Fonte: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior – junho de 2019 – Tabela Geral)*

*Para efeitos comparativos foi considerada a oferta formativa universitária de 2º ciclo de Mestrados em Engenharia Física. Os níveis de desemprego variam entre 0% e 2,8% demonstrando assim um nível baixo, quase residual de desemprego nesta área de oferta formativa (Diplomados entre 2010 e 2018). O atual mestrado em Engenharia Física e Tecnológica a funcionar no IST apresenta um desemprego residual de 0,6%.*

*Os dados internos do IST indicavam que 95,2% dos diplomados deste Mestrado encontram-se a desempenhar atividade remunerada (Fonte: Inquérito anual à situação profissional dos recém-diplomados de 2º Ciclo do IST – Observatório de Empregabilidade do IST, 2019).*

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

*For the requested analysis, we considered the graduates' unemployment data of DGEEC. The most recent data is for June 2019 (Source: Characterization of registered unemployed with higher education - June 2019 - General Table).*

*For comparison purposes, we considered data corresponding to similar courses with a 2nd cycle or master's in physics engineering. Unemployment levels vary between 0% and 2.8%, thus demonstrating a low, almost residual level of unemployment in this area of training provision (Graduates between 2010 and 2018). The current master's degree in Engineering Physics working at IST has residual unemployment of 0.6%.*

*IST's internal data indicated that 95.2% of the graduates of this master's degree are engaged in paid work (Source: Annual survey of the professional situation of recent graduates of the 2nd cycle of IST - IST Employability Observatory, 2019).*

### 9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

*De acordo com o Relatório Anual de Autoavaliação do mestrado integrado "MEFT" (5 anos) produzido em Março 2020 pelo Núcleo de Estatística e Perspetiva do IST, nos últimos 3 anos letivos concorrem para o mestrado cerca de 500 candidatos para aproximadamente 60 vagas, a nota mínima de seriação foi acima de 187,5 (em 200). 98% dos alunos escolheram este curso como primeira opção, tipicamente os alunos com as classificações de entradas mais elevadas concorrem para o curso.*

*O mestrado é o curso mais procurado na área da Física/Engenharia Física. Nos últimos 3 anos está entre os 2 cursos mais prestigiados do País (têm as notas mínimas de seriação mais elevadas). A elevada reputação do curso, resultado do reconhecimento da sua qualidade da formação, tem mantido uma grande empregabilidade dos graduados, dos quais 20% estão a trabalhar no estrangeiro, segundo o relatório produzido pelo observatório de empregabilidade do IST em Janeiro de 2020.*

### 9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

*According to the Integrated Master "MEFT" (5 years) Annual Self-Assessment Report produced in March 2020 by the Statistics and Prospective Units of IST, in the last 3 academic years around 500 candidates applied for approximately 60 vacancies, the minimum grade was above 187,5 (in 200). 98% of students chose this course as the first option, typically students with the highest entry ratings apply for the course.*

*MEFT is the most sought-after course in Physics/Physics Engineering. In the last 3 years it is among the 2 most prestigious courses in the country (these courses have the highest minimum entry grade levels). The course's high reputation, resulting from the recognition of its quality of training, has maintained a high employability of graduates, of which 20% are working abroad, according to the report produced by the IST employability observatory in January 2020.*

### 9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

*A investigação é feita em Unidades de Investigação: CENTRA, CFTP, CEFEMA, IPFN, CT2N, CERENA. Existe também cooperação interinstitucional na UL nas UCs experimentais para garantir acesso a equipamento avançado.*

*Adicionalmente, assinalam-se as parcerias:*

*Fundação Champalimaud, através do seu programa de Investigação em Neurociências*

*LIP Lab. de Instrumentação e Partículas*

*INESCMN, em áreas como Eletrónica Orgânica, Optoelectrónica e Filmes Finos*

*Hospital de Santa Maria, através do Dep. de Oncologia e do serviço de Neurologia*

*Serviço de Oftalmologia do Hospital da Luz,*

*IN+, Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento*

*INL, Lab. Inter. de Braga, para a Nanotecnologia.*

*Empresa Biosurfit, para testes de diagnóstico in vitro, criada por um graduado do MEFT.*

**A participação das empresas é feita através das UCs “Projeto Integrador de 2º ciclo em Engenharia Física Tecnológica” e “Dissertação de Mestrado em Engenharia Física Tecnológica”, e dos Colóquios.**

### 9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

*The scientific activity is developed within established Research Units: CENTRA, CFTP, CEFEMA ,IFN,CTN,CERENA. Thus, there is an institutional cooperation within the UL in the experimental course units, to guarantee access to advanced equipment. In addition, there is interinstitutional cooperation with the institutions:*

*Fundação Champalimaud, through its program in Neurosciences*

*LIP Lab de Instrumentação e Partículas*

*INESCMN, in domains as Organic Electronics, Optoelectronics and Thin Films*

*Hospital de Santa Maria, Departments of Oncology and Neurology*

*Hospital da Luz, Unit of ophthalmology*

*INL, Inter. Lab. in Braga for Nanotechnology*

*IN+, Centre for Innovation, Technology and Policy Research*

*Company Biosurfit for in vitro diagnostic tests, created by an graduate of MEFT.*

*The participation of companies is carried out through the UCs “Integrating Project for the 2nd cycle in Engineering Physics” and the master’s Dissertation in Engineering Physics and colloquia.*

## 10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

### 10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

*Mestrado em Física, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)*

*Mestrado em Física, Massachusetts Institute of Technology (MIT)*

### 10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*Master in Physics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)*

*Master in Physics, Massachusetts Institute of Technology (MIT)*

### 10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*A estrutura curricular do curso é idêntica a formação científico-pedagógica usado em escolas de referência a nível mundial como Massachusetts Institute of Technology (MIT) e École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). O curso está desenhado para o aluno definir o seu percurso de especialização personalizado, seguindo uma das formações aconselhada pelas áreas científicas do Departamento de Física, ou optando por desenhar um percurso de forma independente. Assim, um aluno que complete este mestrado obteve a seguinte formação curricular (em percentagem de ECTS): 1/3 em UCs das áreas de científicas do departamento de física, 1/3 em UCs da Universidade de Lisboa (incluindo minicursos de especialização de 18-24 ECTS), 1/3 projeto de tese de mestrado. Esta estrutura é muito comparável, mas não igual ao mestrado em Física da EPFL. O aluno neste mestrado é fortemente responsabilizado pela escolha do seu percurso formação, nesse sentido o modelo pedagógico aproxima-se do MIT.*

### 10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

*The course curriculum structure is identical to the scientific-pedagogical training used in world-renowned schools such as the Massachusetts Institute of Technology (MIT) and the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). The course is designed for the student to define their personalized specialization course, following one of the courses advised by the scientific areas of the Physics Department, or by choosing to design a course independently. Thus, a student who completes this master obtains the following curricular training (in percentage of ECTS): 1/3 in UCs from the scientific areas of the physics department, 1/3 in UCs from the University of Lisbon (including specialization courses of 18-24 ECTS), 1/3 master’s thesis project. This structure is comparable, but not the same as the EPFL master’s in physics. The student in this master’s degree is actively responsible for choosing their training path; in this sense, the pedagogical model is closer to MIT.*

## 11. Estágios e/ou Formação em Serviço

### 11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

---

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

### 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

<sem resposta>

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

<no answer>

### 11.4. Orientadores cooperantes

---

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

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

<sem resposta>

## 12. Análise SWOT do ciclo de estudos

**12.1. Pontos fortes:**

- 1) *Qualidade elevada dos alunos, população diversificada, uma parte significativa vem do LEFT, os restantes de outros cursos do IST e de outras escolas do País.*
- 2) *Atração regular de alunos internacionais através dos acordos bilaterais do IST com as suas congéneres europeias e mundiais. Protocolos de Mobilidade Erasmus com Escolas de referência.*
- 3) *Internacionalização e prestígio das Unidades de Investigação dos docentes e investigadores.*
- 4) *Máxima flexibilidade no percurso académico do aluno para definir a sua especialização única, 42 ECTS para fazer um projeto de tese a trabalhar numa unidade investigação, fazer estágio numa empresa nacional ou estrangeira.*
- 5) *Exposição dos alunos a workshops, conferências, cientistas e grupos internacionais de referência que visitam regularmente o IST.*
- 6) *a possibilidade de realização de uma especialização de 18 ECTS, tirando partido da bolsa de 35 minors focados em formações multidisciplinares e/ou transversais.*

**12.1. Strengths:**

- 1) *High quality of students, diverse population, a significant part comes from LEFT, the rest from other courses at IST and other schools in the country.*
- 2) *Regularly attract international students through IST's bilateral agreements with its European and global counterparts. Erasmus Mobility Protocols with reference schools.*
- 3) *Internationalization and prestige of the Research Units of teachers and researchers.*
- 4) *Maximum flexibility in the student's academic path to define his unique specialization, 42 ECTS to do a thesis project working in a research unit, doing an internship in a national or foreign company.*
- 5) *Exposure of students to workshops, conferences, scientists and international reference groups that regularly visit IST.*
- 6) *the possibility for the student to carry out a specialization of 18 ECTS, taking advantage of the 35 minors' scholarship programs with a focus on multidisciplinary and / or transversal skill training.*

**12.2. Pontos fracos:**

- 1) *Potenciais percursos científicos pouco claros, devido à oferta abundante de UCs de opção. Estrutura de desenho curricular que se poderá afigurar de difícil compreensão, tanto para estudantes, nacionais e internacionais, nomeadamente candidatos a ingressar no segundo ciclo, como para potenciais empregadores.*
- 2) *A necessidade de desenvolver uma webpage (em colaboração com os centros de investigação e empresas) explicativa para ajudar os alunos a definir as suas escolhas quando desejem adquirir competências específicas numa das áreas científicas da física e/ou uma especialização em engenharia.*
- 3) *A atração de alunos nacionais e estrangeiros com uma formação em física e matemática inferior aos alunos do IST pode dificultar sua integração no curso. Assim como de alunos que não adquiram as competências para trabalhar no ambiente de exigência e rigor do IST.*
- 4) *A impossibilidade dos alunos vindos de outras universidades poderem fazer UCs do 1º ciclo, em falta na sua licenciatura.*
- 5) *A não existência de tutores para apoiar esses alunos na integração na cultura do IST.*

**12.2. Weaknesses:**

- 1) *Potential unclear scientific paths, due to the abundant offer of option UCs. Curriculum design structure that may appear difficult to understand, both for students, national and international, namely candidates to enter the second cycle, as for potential employers.*
- 2) *The need to develop an explanatory webpage (in collaboration with research centers and companies) to help students to define their choices when they wish to acquire specific skills in one of the scientific areas of physics and / or specialization in engineering.*
- 3) *The attraction of national and international students with a physics and mathematics background inferior to the level provided by the IST degrees can make it difficult for these students to integrate into the course. As well as students who do not acquire the skills to work in the demanding and rigorous environment of IST.*
- 4) *The impossibility of students coming from other universities to take 1st cycle UCs, if lacking in their degree.*
- 5) *The lack of tutors to support these students in their integration into IST's culture.*

**12.3. Oportunidades:**

- 1) *Desenvolvimento de programas de Mestrado Erasmus Mundus, em parceria com universidades estrangeiras de prestígio, no âmbito das ações da "Education, Audiovisual and Culture Executive Agency" (EACEA) da União Europeia.*
- 2) *Os alunos adquirirão um grau de mestre no âmbito do "CLUSTER Dual Master Degree" (www.cluster.org), um consórcio que reúne na mesma rede as melhores escolas de engenharia da Europa.*
- 3) *Existência de programas doutorais financiados pela FCT (ex: APPLAuSE, IDPASC), que motivam e consolidam a formação dos estudantes do MEFT, proporcionando-lhes uma maior perspetiva de carreira após terminarem o mestrado.*
- 4) *Participação dos professores e investigadores, nos laboratórios e agências de investigação e desenvolvimento, nomeadamente, ITER, CERN, LIGO, ESO e ESA, assim como nas próximas missões espaciais europeias como LISA e PLATO.*

5) *O aumento da visibilidade dos diplomados junto das empresas com o apoio do recentemente criada “Área de Transferência de Tecnologia do IST”.*

#### 12.3. Opportunities:

- 1) *Development of Erasmus Mundus Masters programs, in partnership with prestigious foreign universities, within the scope of the actions of the “Education, Audiovisual and Culture Executive Agency” (EACEA) of the European Union.*
- 2) *Students acquire a master’s degree under the “CLUSTER Dual Master Degree” ([www.cluster.org](http://www.cluster.org)), a consortium that brings together the best engineering schools in Europe on the same network.*
- 3) *Existence of doctoral programs financed by the FCT (ex: APPLAuSE, IDPASC), which motivate and consolidate the training of MEFT students, providing them with greater career prospects after completing their master's degree.*
- 4) *Participation of teachers and researchers, in research and development laboratories and agencies, namely, ITER, CERN, LIGO, ESO and ESA, as well as in the next European space missions such as LISA and PLATO.*
- 5) *Increasing the visibility of graduates with companies with the support of the recently created “IST Technology Transfer Area”.*

#### 12.4. Constrangimentos:

- 1) *Atratividade crescente dos estudantes do LEFT por grandes Escolas Europeias, que não tem ainda uma contrapartida simétrica, no sentido oposto, da atratividade do MEFT para alunos internacionais.*
- 2) *Diminuição de recursos por constrangimentos orçamentais, tanto para manter ou aumentar a dimensão do corpo docente, como para repor e renovar recursos materiais (especialmente de laboratório), sendo estes dois aspetos importantes para a manutenção da qualidade de ensino.*

#### 12.4. Threats:

- 1) *Atratividade crescente dos estudantes do LEFT por grandes Escolas Europeias, que não tem ainda uma contrapartida simétrica, no sentido oposto, da atratividade do MEFT para alunos internacionais.*
- 2) *Diminuição de recursos por constrangimentos orçamentais, tanto para manter ou aumentar a dimensão do corpo docente, como para repor e renovar recursos materiais (especialmente de laboratório), sendo estes dois aspetos importantes para a manutenção da qualidade de ensino.*

#### 12.5. Conclusões:

*A sólida formação do MEFT tem permitido aos alunos encontrarem emprego nos mais variados sectores da indústria e sociedade. Com o aumento da versatilidade da oferta formativa do curso, os alunos vão desenhar melhor o seu percurso académico e estar mais bem preparados para responder aos desafios atuais, nomeadamente em sectores em que a presença dos engenheiros físicos tecnológicos é relevante.*

*Atualmente, engenheiros físicos tecnológicos (MEFT) trabalham em instituições nacionais, estrangeiras e internacionais de ensino superior, institutos e laboratórios de investigação; organizações intergovernamentais de investigação científica. Outros alumni optaram por uma carreira internacional nas áreas da tecnologia espacial, inteligência artificial, bioengenharia, indústria aeroespacial e de defesa europeia; empresas de planeamento urbano, desenvolvimento sustentável e energias alternativas. Igualmente existem ex-alunos a trabalhar em empresas de desenvolvimento de software e hardware, microtecnologia, nano-eletrónica, assim como em empresas internacionais na área financeira e de consultoria, seguradoras e bancos; institutos governamentais nacionais e intergovernamentais europeus; organizações mundiais de desenvolvimento e cooperação.*

*Perto de um quinto dos alunos do 2º ciclo opta por continuar para doutoramento, os restantes vão diretamente para uma grande variedade de áreas do sector privado, referidas atrás. De entre os alunos que optam por fazer um doutoramento a seguir ao mestrado, uma parte segue uma carreira de investigação na universidade, institutos internacionais de investigação ou indústria, sendo que uma outra parte significativa dos doutorados opta por uma carreira profissional em sectores relacionados com novas tecnologias. Todos os nossos diplomados têm uma grande facilidade de rapidamente encontrarem emprego, imediatamente após acabarem o curso ou o doutoramento.*

*O curso agora proposto, onde o aluno vai obter uma formação mais personalizada, vai certamente permitir preparar melhor os futuros diplomados. Assim, o presente mestrado está particularmente vocacionado para fornecer as competências multidisciplinares necessárias aos alunos que desejem seguir uma carreira profissional em sectores emergentes da física e da engenharia, nomeadamente nas áreas científicas do departamento de física, em que as competências dos seus investigadores são reconhecidas a nível internacional. Por outro lado, a formação variada e multidisciplinar do curso permite aos alunos adquirirem as competências necessárias capazes de dar resposta aos mais complexos problemas que surgem na sociedade e nas empresas dos mais variados sectores, que exigem dos seus engenheiros, uma abordagem analítica dos problemas, um pensamento crítico e uma capacidade disruptiva, capazes de propor ideias inovadoras e originais para a resolução dos mesmos, adotando recursos e ferramentas de elevada complexidade, que apreenderam durante a sua formação.*

#### 12.5. Conclusions:

*The solid formation of MEFT has allowed students to find jobs in varied sectors of industry and society. With the increase in the versatility of the training offer by the course, students will be able to better choose their academic path*

***and be better prepared to respond to current job challenges, particularly in sectors where the presence of physical engineers is relevant.***

***Currently, physical engineers (MEFT) work at national, foreign and international institutions of higher education, research institutes and laboratories; as well as intergovernmental scientific research organizations. Other alumni opted for an international career in the areas of space technology, artificial intelligence, bioengineering, aerospace and European defence; urban planning, sustainable development and alternative energy companies. Equally, there are also alumni working at software and hardware development companies, microtechnology, nano-electronics. And in international financial and consulting companies, insurance companies and banks; European and intergovernmental institutes; world development and cooperation organizations.***

***About a fifth of students in the 2nd cycle choose to continue for a doctorate; the rest go directly to a wide variety of areas in the private sector, mentioned above. Among the students who decide to do a PhD after the master's degree, a part follows a research career at the university, international research institutes or industry. In contrast, a significant part of the PhDs opts for a professional career in sectors related to new technologies. All of our graduates can easily and quickly find jobs, immediately after finishing their course or doctorate.***

***The course now proposed, where the student will obtain a more personalized training, will undoubtedly allow preparing future graduates better. Thus, the present master's degree is also aimed at providing the multidisciplinary skills necessary for students who wish to pursue a professional career in emerging sectors of physics and engineering. Namely, in the scientific research areas of the physics department, for which their researchers are recognized at an international level. On the other hand, the varied and multidisciplinary training of the course allows students to acquire the necessary skills capable of responding to the most complex problems that arise in society and companies in the most varied sectors, which require their engineers ways of finding analytical approaches to resolve the problems at hand, critical thinking and disruptive capacity, capable of proposing innovative and original ideas for solving them, adopting highly complex resources and tools, many of which they learned during their training.***