

NCE/19/1901057 — 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:
Licenciado

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:
180

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):
3 anos/ 6 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):
3 years/ 6 Semesters

1.9. Número máximo de admissões:

115

1.10. Condições específicas de ingresso.

Provas de Ingresso: Matemática A + Física e Química

Classificações mínimas:

Classificação mínima de 100 em cada uma das provas de ingresso (exames nacionais do ensino secundário), e;

Classificação mínima de 120 na nota de candidatura. A nota de candidatura (NC) é calculada utilizando um peso de 50% para a classificação do Ensino Secundário (MS) e um peso de 50% para a classificação das provas de ingresso (PI). -

Fórmula de Cálculo da Nota de Candidatura: $NC = MS \times 50\% + PI \times 50\%$ (ou seja, média aritmética da classificação final do Ensino Secundário e da classificação das provas de ingresso).

1.10. Specific entry requirements.

Entrance Exams: Mathematics A + Physics and Chemistry

Minimum grades:

Minimum grade of 100 in each entrance examination (national examinations of secondary education), and minimum

grade of 120 when applying for the program. The application grade (AG) is calculated by using a weight of 50% for the classification of Secondary Education (MS) and a weight of 50% for the classification of the entrance exams (EE). -

Formula for calculating the Application Grade: $AG = MS \times 50\% + EE \times 50\%$ (that is, arithmetic average of the final classification of Secondary Education and the classification of the entrance exams).

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_RegCreditaçaoExpProfissional.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_LEngFisica.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_LEngFisica.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 113-2020 _ Cr _Lic_Engª Física Tecnológica.pdf](#)

Mapa I - Plano de Transição do Mestrado Integrado para a Licenciatura

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de Transição do Mestrado Integrado para a Licenciatura

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

[2.1.2._LEFT_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:

A Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica (LEFT) tem por objetivo preparar os licenciados para responder aos novos desafios do século XXI, no seguimento das recomendações do Fórum Económico Mundial para a educação (The Future of Jobs, World Economic Forum). O foco da missão do LEFT é capacitar os seus diplomados com a formação necessária para responderem aos desafios científicos, tecnológicos e sociais que ocorrem na fronteira do conhecimento, em domínios onde se articulam e potenciam a Física, a Engenharia e Tecnologia. Assim o LEFT desenvolve um ensino fundamental de qualidade, com uma formação centrada na fluência digital e aptidões nas disciplinas STEM; fomenta uma formação diversificada e socialmente relevante; incentiva uma aprendizagem continuada e estimula o desenvolvimento da criatividade e inovação. As competências adquiridas facilitam a mobilidade do licenciado para o 2º ciclo de Engenharia Física Tecnológica, assim com de outros ciclos de estudo em áreas afins.

3.1. The study programme's generic objectives:

The Degree in Physics Engineering (LEFT) aims to prepare graduates to respond to the new challenges of the 21st century, following the recommendations of the World Economic Forum for education (The Future of Jobs, World Economic Forum). The focus of LEFT's mission is to train its graduates with the necessary skills to respond to the scientific, technological and societal challenges that occur at the frontier of knowledge, in areas where Physics, Engineering and Technology are articulated and enhanced. Thus, the goal of LEFT is to provide education at a high quality standard, with training focused on digital fluency and skills in STEM subjects; promote diversified and socially

relevant training; encourage continuous learning and support the development of creativity and innovation. The acquired skills facilitate the mobility of the graduate for the 2nd cycle of Technological Physics Engineering, as well as other master's degrees in related subjects.

3.2. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes: Na tradição da qualidade, atualização e internacionalização do IST, para responder aos desafios sociais contemporâneos, o IST lançou em 1984/85 o LEFT. O programa curricular do curso assenta no reconhecimento de que o progresso científico, tecnológico, económico, humano e social se poder realizar através

i) da compreensão dos fundamentos da física e engenharia, que permite: avaliar rapidamente o que necessita ser feito; ser capaz de adquirir as ferramentas necessárias e de as aplicar de forma eficiente;

ii) do estímulo do desenvolvimento do espírito crítico, rigor da análise, e agilidade de pensamento;

iii) da imaginação, criatividade, espírito empreendedor e capacidades de gestão para identificar necessidades, encontrar novas soluções, e resolver problemas;

iv) do desenvolvimento das capacidades de comunicação, de trabalho em equipa, da compreensão das questões globais e atuais, competências, necessárias para trabalhar de forma eficaz com qualquer pessoa, em qualquer lugar

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

In its tradition of high quality, keeping relevant, up to date and international, to respond to contemporary societal challenges, IST launched LEFT in 1984/85. The curriculum of the course is based on the recognition that scientific, technological, economic, human and social progress can be achieved through

i) understanding the fundamentals of physics and engineering, which allows quickly assessing what needs to be done; be able to acquire the necessary tools and apply them efficiently;

ii) stimulating the development of critical thinking, rigorous analysis, and agility of thought;

iii) imagination, creativity, entrepreneurial spirit and management skills to identify needs, find new solutions, and solve problems;

iv) the development of communication skills, teamwork, understanding global and current issues, skills, necessary to work effectively with anyone, anywhere.

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 the 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:

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
Matemáticas Gerais/General Mathematics	MatGer	24	0	
Probabilidades e Estatística/Probability and Statistics	PE	6	0	
Físicas e Tecnologias Básicas / Basic Physics and Technologies	FBas	87	0	Oferta de 18 ECTS em UC de opção nesta AC
Metodologia e Tecnologia da Programação/Programming Methodology and Technology	MTP	6	0	
Química-Física, Materiais e Nanociências/ Chemistry Physics, Materials and Nanosciences	QFMN	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Ciências Biológicas/Biological Sciences	CBiol	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Electrónica/Electronics	Electr	0	0	Oferta de 18 ECTS em UC de opção nesta AC
Computadores/Computers	Comp	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Engenharia e Gestão de Organizações / Engineering and Management of Organizations	EGO	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Astrofísica e Gravitação/Astrophysics and Gravitation	AstGrav	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Física da Matéria Condensada e Nanotecnologias/ Condensed Matter Physics and Nanotechnologies	FMCNano	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Física de Partículas e Física Nuclear/ Particle and Nuclear Physics	FPaFN	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC

Física dos Plasmas, Lasers e Fusão Nuclear/Plasma Physics, Lasers and Nuclear Fusion	FPLFN	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Todas as Áreas Científicas do IST / All Scientific Areas of IST	OP IST	0	0	Oferta de 12 ECTS em UC de opção nesta AC
Humanidades, Artes e Ciências Sociais/ Humanity, Arts and Social Sciences	HACS	0	0	Oferta de 6 ECTS em UC de opção nesta AC
Todas as Áreas Científicas do Departamento de Física/ All Scientific areas of Physics	ACDF	9	0	
-	-	0	48	48ECTS em Opções para obter Grau.UC's opção são fixadas anualmente pelo Órgão Legal do IST
(17 Items)		132	48	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - Tronco Comum - 1º / 1º

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 / 1º*

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)
Álgebra Linear / Linear Algebra	MatGer	Semestral	168	TP-56.00	6	Obrigatória/Mandatory
Cálculo Diferencial e Integral I / Differential and Integral Calculus I	MatGer	Semestral	168	TP-56.00	6	Obrigatória/Mandatory
Mecânica / Mechanics	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Física: A Terra e o Universo / Physics: The Earth and the Universe	FBas	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Obrigatória/Mandatory
Fundamentos da Programação / Foundations of Programming	MTP	Semestral	168	T-35; L-21	6	Obrigatória/Mandatory
Relatividade / Relativity	FBas	Semestral	84	T-14;TP-10.5	3	Obrigatória/Mandatory
(6 Items)						

Mapa III - Tronco Comum - 1º / 2º

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 / 2º*

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)
Cálculo Diferencial e Integral II / Differential and Integral Calculus II	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	Obrigatória/Mandatory
Laboratório de Introdução à Física Experimental / Introduction to Experimental Physics Laboratory	FBas	Semestral	168	TP-7; PL-49	6	Obrigatória/Mandatory
Física Computacional / Computational Physics	FBas	Semestral	168	T-14; TP-35	6	Obrigatória/Mandatory
Termodinâmica / Thermodynamics	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Opcional 1 / Option 1	CBiol ou QFMN	Semestral	168	-	6	Opcional /Optional

(5 Items)

Mapa III - Tronco Comum - 2º / 1º**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 / 1º**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)
Cálculo Diferencial e Integral III / Differential and Integral Calculus III	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	Obrigatória/Mandatory
Probabilidade e Estatística / Probability and Statistics	PE	Semestral	168	TP-56	6	Obrigatória/Mandatory
Laboratório de Física Experimental/ Laboratory of Experimental Physics	FBas	Semestral	168	T-14; PL- 42	6	Obrigatória/Mandatory
Eletromagnetismo / Electromagnetism	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Descobertas da Física Moderna/ Discoveries of Modern Physics	FBas	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Obrigatória/Mandatory
Opcional 2 / Option 2	EGO	Semestral	84	-	3	Opcional / Optional

(6 Items)

Mapa III - Tronco Comum - 2º / 2º**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 / 2º

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)
Técnicas Matemáticas da Física / Techniques in Mathematical Physics	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Laboratório de Física Experimental Avançada I / Advanced Experimental Physics I	FBas	Semestral	168	PL-49; TP-7	6	Obrigatória/Mandatory
Oscilações e Ondas / Oscillations and Waves	FBas	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Obrigatória/Mandatory
Mecânica Quântica I / Quantum Mechanics I	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Óptica Aplicada / Applied Optics	FBas	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Obrigatória/Mandatory
Opcional 3 / Option 3	FBas ou Electr	Semestral	168	-	6	Opcional/Optional

(6 Items)

Mapa III - Tronco Comum - 3º / 1º

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/sémanestre/trimestre curricular:
3º / 1º

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)
Laboratório de Física Experimental Avançada II / Advanced Experimental Physics II	FBas	Semestral	84	T-3.5; PL-21	3	Obrigatória/Mandatory
Laboratório de Física Experimental em Unidades de Investigação / Laboratory of Experimental Physics in Research Units	FBas	Semestral	84	T-3.5; PL-21	3	Obrigatória/Mandatory
Opcional 4 / Optional 4	FBas ou Electr	Semestral	168	-	6	Opcional/Optional
Opcional 5 / Optional 5	FBas ou Comp	Semestral	168	-	6	Opcional/Optional
Opcional 6 / Optional 6	OPIST ou HACS	Semestral	336	-	12	Opcional/Optional

(5 Items)

Mapa III - Tronco Comum - 3º / 2º

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:**3º / 2º****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)
Física dos Meios Contínuos / Physics of Continuous Media	FBas	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Física do Estado Sólido /Solid State Physics	FBas	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Obrigatória/Mandatory
Projecto Integrador de 1º ciclo em Engenharia Física Tecnológica / 1st cycle integrator project in Engineering Physics	ACDEF	Semestral	252	OT- 21	9	Obrigatória/Mandatory
Opcional 6 / Optional 6 (4 Items)	OPIST ou HACS	Semestral	252	-	9	Opcional/Optional

Mapa III - Unidades Curriculares de Opção - 1º/2º; 2º/1º; 2º/2º; 3º/1º; 3º/2º**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****Unidades Curriculares de Opção****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****Option Curricular Units****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****1º/2º; 2º/1º; 2º/2º; 3º/1º; 3º/2º****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)
Introdução às Ciências Biológicas / Introduction to Biological Sciences	CBiol	Semestral	168	T-35; PL-21	6	Opcional 1 - escolher 6 ECTS
Química e Dinâmica Molecular / Chemistry & Molecular Dynamics	QFMN	Semestral	168	TP-42; PL-14	6	Opcional 1 - escolher 6 ECTS
Introdução à Economia / Economy Introduction	EGO	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Opcional 2 - escolher 3 ECTS.
Gestão / Management	EGO	Semestral	84	T-14; TP-10.5	3	Opcional 2 - escolher 3 ECTS.
Electrodinâmica Clássica / Classical Electrodynamics	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	Opcional 3 - escolher 6 ECTS
Teoria dos Circuitos e Fundamentos de Electrónica/ Circuits Theory and Electronics Fundamentals	Electr	Semestral	168	TP-42;PL-14	6	Opcional 3 - escolher 6 ECTS
Mecânica Analítica/ Analytical Mechanics	FBas	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Opcional 4 - escolher 6 ECTS
Eletrónica Geral / Electronics	Electr	Semestral	168	TP-28;PL-21	6	Opcional 4 - escolher 6 ECTS
Física Estatística / Statistical Physics	FBas	Semestral	168	T-28;TP-21	6	Opcional 5 - escolher 6 ECTS
Sistemas Digitais /Digital Systems	Comp	Semestral	168	T-28;TP-14;PL-14	6	Opcional 5 - escolher 6 ECTS

Astrofísica / Astrophysics	AstGrav	Semestral	168	T-28; TP-21	6	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Nanotecnologias e Nanoelectrónica/ Nanotechnologies and Nanoelectronics	FMCNano	Semestral	168	T-28; TP-21	6	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Física e Tecnologia dos Plasmas / Plasma Physics and Technology	FPLPN	Semestral	168	T-14;TP-28	6	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Introdução às Tecnologias Aditivas / Introduction to Additive Technologies	FBas	Semestral	84	TP-3.5; PL-21	3	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Opção Livre I / Free Optional I	OP IST	Semestral	336	-	12	Conjunto UCs (no máx. com 12ECTS)do 3º Ano 1º Sem;Opcional 6-escolher 15ECTS UCs IST e 6ECTS de HACS
Humanidades, Artes e Ciências Sociais I/ Humanity, Arts and Social Sciences I	HACS	Semestral	84	-	3	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS (3+3 ou 6)
Humanidades, Artes e Ciências Sociais II/ Humanity, Arts and Social Sciences II	HACS	Semestral	84	-	3	UC 3º Ano, 1º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS (3+3 ou 6)
Mecânica Quântica II / Quantum Mechanics II	FBas	Semestral	168	T-28;TP-21	6	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Instrumentação e Aquisição de Dados / Instrumentation and Data Acquisition	FBas	Semestral	168	TP-3.5; PL-42	6	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Introdução à Física Nuclear e à Física de Partículas / Introduction to Nuclear Physics and Particle Physics	FPaFN	Semestral	168	T-28;OT-7;TP-14	6	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Microeletrónica/Microelectronics	Electr	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS
Opção Livre II / Free Option II	OP IST	Semestral	252	-	9	Conjunto UCs (no máx. com 9ECTS) do 3º Ano 2º Sem;Opcional 6-escolher 15ECTS UCs IST e 6ECTS de HACS
Humanidades, Artes e Ciências Sociais I/ Humanity, Arts and Social Sciences I	HACS	Semestral	84	-	3	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS (3+3 ou 6)
Humanidades, Artes e Ciências Sociais II/ Humanity, Arts and Social Sciences II	HACS	Semestral	84	-	3	UC 3º Ano, 2º Semestre; Opcional 6 - escolher 15 ECTS de UCs do IST e 6 ECTS de HACS (3+3 ou 6)
Projeto Int. de 1º ciclo em Eng. Física Tecnológica: Adicional JUNO (Escolha restrita a alunos que desejem fazer o JUnior capstoNe prOject (JUNO)	OL	Semestral	84	-	3	UC 3º Ano, 2º Sem;Opcional 6- 15ECTS *Para alunos que desejem fazer o JUnior capstoNe prOject (JUNO)

(25 Items)**4.4. Unidades Curriculares**

Mapa IV - Termodinâmica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Termodinâmica***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Thermodynamics***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:***168.0***4.4.1.5. Horas de contacto:***49.0***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):***ist13264, Vasco António Dinis Leitão Guerra, 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):***Geral: Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo.**Garantir formação científica avançada e profunda num dos domínios fundamentais da Física que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.**Específico: Compreensão dos conceitos, princípios básicos e fenomenologia da Termodinâmica e da sua interpretação microscópica (via Física Estatística e Teoria Cinética) e capacidade de os aplicar à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***General: Predict quantitatively the consequences of a variety of physical phenomena with analysis tools. Ensure advanced and in-depth scientific training in one of the fundamental domains of Physics that allows disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.**Specific: Understanding the concepts, basic principles and phenomenology of Thermodynamics and of its microscopic interpretation (via Statistical Physics and Kinetic Theory) and ability to apply them to problem solving, namely in what concerns their technological applications.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1.Sistema termodinâmico: funções de estado; trabalho e calor; capacidade calorífica, calores específico e latente; estados da matéria e transições de fase; temperatura; transmissão de calor (convecção, condução e radiação); equação de difusão do calor.**2.Física estatística e termodinâmica: entropia e 'desordem'; postulados da física estatística; distribuição de Boltzmann;*

distribuição de velocidades de Maxwell; teorema da equipartição; calores específicos das moléculas poliatómicas.
3. Teoria cinética dos gases: gás perfeito; temperatura e energia cinética; calores específicos a volume e pressão constantes; calor específico dos sólidos; gás de Van der Waals.
4. Termodinâmica axiomática: energia e entropia; as leis da termodinâmica; processos reversíveis e irreversíveis; potenciais termodinâmicos; máquinas térmicas.
5. Radiação de corpo negro: catástrofe do ultravioleta; leis de Wien e Stefan; lei de Planck e efeito fotoelétrico.

4.4.5. Syllabus:

1. Thermodynamic system: state functions; work and heat; heat capacity, specific and latent heats; states of matter and phase transitions; temperature; heat transmission (convection, conduction and radiation); heat diffusion equation.
2. Statistical physics and thermodynamics: entropy and 'disorder'; postulates of statistical physics; Boltzmann's distribution; Maxwell's velocity distribution; equipartition theorem; specific heats of polyatomic molecules.
3. Kinetic theory of gases: perfect gas; kinetic energy and temperature; specific heats at constant volume and pressure; specific heat of solids; Van der Waals gas.
4. Axiomatic thermodynamics: energy and entropy; the laws of thermodynamics; reversible and irreversible processes; thermodynamic potentials; heat engines.
5. Blackbody radiation: ultraviolet catastrophe; Wien's and Stefan's laws; Planck's law and photoelectric effect.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos abrangem os principais conceitos estruturantes do tema da UC; as aplicações teórico-práticas, numéricas e/ou computacionais, permitem ao estudante rever e aprofundar conhecimentos, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como engenheiro, capacitando-o, ainda, para 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):

50% avaliação contínua por Fichas/Mini-Testes (exclusivamente durante o horário das aulas)

[Mediante recursos adequados de monitores e/ou assistentes de ensino, o docente poderá usar também séries de problemas, apresentações orais e/ou discussões de resolução]

50% exame

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

50% continuous assessment by Mini-tests (exclusively during class hours) [If an appropriate number of graders and/or teaching assistants is available, oral presentations and/or solution discussions can be considered]

50% Exam

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

A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos através da resolução de exercícios de aplicação e da utilização de experiências de demonstração de simulações numéricas Esta abordagem permitirá cumprir os objetivos da UC e 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:

Concepts in Thermal Physics, Blundell and Blundell , 2009, Oxford University Press, ISBN: 9780199562107;

Fundamentals of Statistical and Thermal Physics, F. Reif , 2009, ISBN-13: 978-1577666127

Mapa IV - Probabilidade e Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Probabilidade e Estatística**4.4.1.1. Title of curricular unit:*****Probabilistic and Statistic*****4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*****PE*****4.4.1.3. Duração:*****Semestral*****4.4.1.4. Horas de trabalho:*****168.0*****4.4.1.5. Horas de contacto:*****56.0*****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):*****ist12634, António Manuel Pacheco Pires, 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):*****Iniciação ao estudo da análise de dados estatísticos, teoria da probabilidade e inferência estatística, tendo em vista a compreensão e aplicação dos seus principais conceitos e métodos.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Master concepts of statistical data analysis, probability theory and statistical inference to understanding and applying such concepts to solve real-life problems in engineering and science.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- Representação gráfica de dados estáticos e dinâmicos com recurso ao software R.***
- Noção de probabilidade. Probabilidade condicionada e lei da probabilidade total. Teorema de Bayes. Independência.***
- Tipos de variáveis aleatórias (discretas e contínuas). Função de distribuição. Função massa de probabilidade e função densidade de probabilidade. Valor esperado, variância e quantis.***
- Pares aleatórios e combinação linear de variáveis aleatórias. Teorema do Limite Central.***
- Introdução à inferência estatística. Estimação pontual e estimação intervalar.***
- Construção de testes de hipóteses no contexto clássico de amostras de observações provenientes de populações com distribuição Normal. Testes de ajustamento.***
- Estudo da dependência linear entre duas variáveis aleatórias: regressão linear simples.***

4.4.5. Syllabus:

- Graphical representation of static and dynamic statistical data with R.***
- Basic concepts of probability theory. Conditional probability and total probability law. Bayes' theorem. Independence.***
- Random variables (discrete and continuous). Distribution function. Probability mass function and probability density function. Expected value, variance and quantiles.***
- Random pairs and linear transformation of random variables. Central limit theorem.***

- *Statistical inference. Point estimation and interval estimation.*
- *Hypothesis testing under normal populations.*
- *Goodness of fit testing.*
- *Linear regression.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de probabilidade e estatística. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:
The course content corresponds to concepts and techniques of probability and statistics. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):
As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua (70%) + projetos computacionais (30%). Prova oral para alunos cuja classificação final seja superior ou igual a 18 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components (70%) + computational projects (30%). Oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:
The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:
** Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Ross, Sheldon M, 2014, 5th ed, Academic Press;*
** Probability and Statistics for Data Science: Math + R +, Matloff, N. , 2019, 1st ed., Data Chapman and Hall/CRC;*
** Introductory Statistics with R, Dalgaard, P, 2002, Springer;*
** A Modern Introduction to Probability and Statistics: Understanding Why and How, Dekking, F.M., Kraaikamp, C., Lohpuhaä, H.P., Meester, L.E., 2005, Springer.*

Mapa IV - Química e Dinâmica Molecular

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Química e Dinâmica Molecular

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Chemistry & Molecular Dynamics

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

4.4.1.3. Duração:**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****56.0****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****UC optativa (com a UC Introdução às Ciências Biológicas)****4.4.1.7. Observations:****UC is optional (with UC Introduction to Biological Sciences)****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist13160, José Nuno Aguiar Canongia Lopes, 20h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****Professor a ser definido, 18h****Assistente a ser definido, 18h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

No final desta unidade curricular o aluno deverá ter desenvolvido competências que lhe permitam compreender a estrutura e propriedades da matéria do ponto de vista químico. A primeira parte da unidade curricular explica porque e como os átomos se ligam para formar moléculas e materiais e é complementada pela segunda parte onde se aprende como as interacções intermoleculares são essenciais na defenição de diferentes relações estrutura-propriedades. A UC é finalizada por um projecto de Dinâmica Molecular sobre a segunda parte da matéria.

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

At the end of this course, the students will have developed the skills to understand the structure and properties of matter from a chemical perspective. The first part of the course —how and why atoms combine to form molecules and materials— is complemented by a second part where the students learn how molecular interactions play a role in the definition of different structure-property relationships. The UC is capped by a small Molecular Dynamics project that encompasses the second half of the UC.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**Blocos de construção: átomos, a tabela periódica e propriedades periódicas.****Dos átomos às moléculas: Teorias de Orbitais Moleculares (TOM) e de Enlaçe Valência (TEV)****Das moléculas aos materiais: materiais covalente, cristais iónicos e metais.****Forças Intermoleculares.****Química Computacional : Métodos de Monte Carlo (MC) e Dinâmica Molecular (DM).****MD1: Modelos Moleculares****MD2: Implementação e interpretação de uma simulação.****4.4.5. Syllabus:****Building blocks: atoms, the periodic table and periodic properties.****From atoms to molecules: Molecular Orbital (MO) and Valence Bond (VB) Theories.****From molecules to materials: covalent materials, ionic crystals and metals.****Intermolecular forces.****Computational Chemistry: Monte Carlo (MC) & Molecular Dynamics (MD) methods.****MD1: Molecular models****MD2: Running and interpreting a simulation****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:****Os conteúdos programáticos, descritos em 5, abrangem os principais tópicos de uma cadeira de Química Geral aliados**

a uma bordagem de dinâmica molecular. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação prática, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos, a resolução de exercícios de aplicação e racionalização/interpretação dos resultados de simulação computacional. Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 4, é possível constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias para a aquisição dos referidos objetivos.

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

The syllabus, described in 5, cover the main topics of a General Chemistry course complemented by a molecular dynamics perspective. Theoretical background, essential concepts and examples of practical applications are provided, the students being asked to study the contents, solve application exercises and rationalize/interpret simulation results. In view of the learning objectives of the CU, described in 4, it is possible to see that all points of the syllabus aim to provide students with the knowledge and skills necessary for the acquisition of these objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Avaliação contínua : 30%

Projecto DM: 30%

Teste final: 40%

A avaliação contínua é realizada semanalmente durante as aulas de problemas através de ferramentas on-line que permitem a rápida correção, interação com os alunos e classificação.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Continuous evaluation: 30%

MD project: 30%

Final test: 40%

Continuous evaluation is performed on a weekly basis during the problem classes using on-line tools that allow quick feed-back, correction and 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:

Chemistry, Raymond Chang and Jason Overby, 2019, 13th Edition, McGraw-Hill; Computer Simulation of Liquids, Allen and Tildesley, 2017, 2nd Ed., Oxford

Mapa IV - Física dos Meios Contínuos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física dos Meios Contínuos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics of Continuous Media

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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, 24.5

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

ist148178, Pedro José Gonçalves Ribeiro, 24.5h

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

A mecânica dos fluidos explica a maioria dos fenómenos à nossa volta, desde a música até à formação de gotas de chuva ou de tinta ou à formação e estrutura planetária. Esta unidade tem como objectivo explorar as várias vertentes da mecânica de fluidos e familiarizar o aluno com a matemática subjacente especialmente com os fenómenos físicos descritos por fluidos. Será dado especial foco aos resultados gerais em que determinado fenómeno se enquadra, em detrimento por vezes de uma prova formal de resultados particulares.

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

Fluid mechanics explains most of the phenomena in everyday life, from music to droplet formation in rain and inkjets to planetary structure. It is an emergent phenomena, and therefore common to many fundamental branches of physics. The course will explore elasticity and fluid mechanics/dynamics from a physicist's viewpoint.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução aos fluidos. Elasticidade (geometria e tensores; forças e energia elástica; as equações de Navier-Cauchy). Vorticidade. Hidrostática (fluido num campo gravitacional externo, estabilidade de objectos flutuantes; a estrutura de estrelas e planetas). Hidrodinâmica de fluidos ideais (as equações da continuidade e de Euler; a equação de Bernoulli; fluxo de energia e momento; escoamento potencial; escoamento incompressível; a força de atrito e de levantamento no escoamento através de um corpo; paradoxo de D'Alembert; Viscosidade (Taxa de expansão, rotação e shear; equação de Navier-Stokes; origem microscópica da viscosidade; conservação de energia e produção de entropia; número de Reynolds: escoamento laminar e turbulento; escoamento num tubo; escoamento de Stokes) Fenómenos de superfície (equação de Laplace; ondas capilares; gotas; a instabilidade de Rayleigh-Plateau). Ondas (gravidade; ondas internas num fluido incompressível; ondas num fluido em rotação; ondas sonoras)

4.4.5. Syllabus:

Introduction to course and to fluids. Elasticity (geometry and tensor; strain and stresses; elastic forces and energy; the Navier-Cauchy equation and applications). Vorticity. Hydrostatics (fluid in an external gravitational field, stability of floating bodies; the structure of planets and stars). Hydrodynamics of ideal fluids (the equation of continuity; Euler's equation; Bernoulli equation; energy and momentum flux; Potential flow; incompressible flow; drag force and lift in potential flow past a body; D'Alembert's paradox; Viscous fluids (Rates of expansion, shear and rotation; Navier-Stokes equation; microscopic origin of viscosity; energy conservation and entropy production; Reynolds number: laminar and turbulent flow; flow on a pipe; creeping flow; Stokes flow). Surface phenomena (Laplace equation; capillary waves; liquid droplets; Rayleigh-Plateau instability). Waves (gravity waves; internal waves in incompressible fluids; waves in a rotating fluid; sound waves).

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.

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 classical physics - optics, fluids, plasmas, elasticity, relativity, and statistical physics, K. Thorne, R. Blandford, 2017, Princeton University Press, Princeton ; A First Course in Fluid Dynamics , A. R. Paterson, 1984, Cambridge University Press, Cambridge ; Fluid Dynamics for Physicists , T. Faber, 1995, Cambridge University Press, Cambridge ; Fluid Mechanics, eighth edition, F. M. White, 2015, McGraw Hill, New York; Theory of Elasticity, third edition, L. D. Landau, E. M. Lifschitz, 1986, Butterworth-Heinemann, Oxford ; Physics of Continuous Matter, second edition, Lautrup, 2020, CRC Press, Florida

Mapa IV - Mecânica Quântica II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica Quântica II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Quantum Mechanics II

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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):

ist24594, José Guilherme Teixeira de Almeida Milhano, 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 e capacidade de aplicação da Física e tecnologia actual que tem por base a Mecânica Quântica. Aplicação de métodos de aproximação no estudo de transições atómicas e de experiências de dispersão entre partículas. Familiarização do conceito de simetria em Mecânica Quântica e a sua importância.

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

Capacity to comprehend and apply Physics and current technology based on Quantum Mechanics. Application of approximation methods in the study of atomic transitions and of particle scattering experiments. Familiarization with the concept of symmetry in Quantum Mechanics and its importance.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1- Teoria de perturbações estacionárias

Os casos não degenerado e degenerado

O átomo de Hidrogénio real

Método WKB

Método variacional

2-Simetrias em mecânica quântica

Transformações unitárias

Geradores de simetria

Simetrias discretas: P e T

Teorema de Wigner-Eckart

3- Sistemas N partículas idênticas

Postulado de simetrização

Princípio de exclusão de Pauli

Estrutura eletrónica dos átomos

4/5- Teoria de perturbações dependentes do tempo

Representação de interação da MQ

Probabilidades de transição

Série de Dyson

Perturbações harmónicas

Ressonância magnética de spin

Regra de ouro de Fermi

Interação com a radiação, coeficientes de Einstein

Aproximação dipolar e regras de seleção

Aproximação adiabática, fase de Berry, efeito de Aharonov-Bohm

6/7- Scattering

Caso clássico

Estados de dispersão

Secção eficaz.

Matriz de transição

Aproximação de Born

Método das ondas parciais

Aproximações de baixa energia

Ressonâncias

Scattering de partículas idênticas

4.4.5. Syllabus:

1- Stationary perturbation theory

Non-degenerate and degenerate cases**The real hydrogen atom****WKB method****Variational method****2-Symmetries in Quantum Mechanics****Unitary transformations****Symmetry transformations and generators****Discrete symmetries: P and T****Wigner-Eckart theorem and applications****3-Systems of identical particles****Symmetrisation postulate****Pauli exclusion principle****Atomic electronic structure****4-Time-dependent perturbation theory****Interaction representation of QM****Transition probabilities****Dyson series****Harmonic perturbations****Spin magnetic resonance****Fermi Golden rule****Matter-radiation interaction - Einstein coefficients****Dipole approximation and selection rules****Adiabatic theorem, Berry phases, Aharonov-Bohm effect****5- Quantum scattering****Recap of classical scattering****Scattering states****Cross section****Scattering matrix****Born approximation****Method of partial waves****Low-energy scattering****Resonant scattering****Scattering of identical particles****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 Mini-testes (40%), discussão de um artigo científico (selecionado pelo aluno) relacionado com as temáticas da UC (10%) e Exame final (50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

2 mini-tests (50%), discussion of a scientific article (selected by the student) related with a subject discussed during the course (10%), final 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 com aplicação a sistemas físicos reais. 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.

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 with application to the description of realistic physical systems. The teaching methods were conceived to allow the students to develop wide scope knowledge in the theme, fulfilling the objectives of the curricular unit.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Introduction to Quantum Mechanics (2nd edition), David J. Griffiths, 2016, Cambridge University Press; Modern quantum mechanics (2nd edition), Sakurai, J.J. & Napolitano, J.J., 2011, Pearson; Principles of Quantum Mechanics (2nd edition), Shankar, R, 2011, Plenum Press

Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral I**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Cálculo Diferencial e Integral I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Differential and Integral Calculus I

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist12267, Pedro Simões Cristina de Freitas, 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):

Dominar conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a uma variável. Desenvolver pensamento analítico, criatividade e capacidade de inovação, através da aplicação desses conceitos e técnicas em contextos diferenciados.

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

Master concepts and techniques of differentiable and integral calculus in one variable. Develop analytic thinking, creativity and innovation capacity, through the application of those concepts and techniques in different contexts.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Números reais: axiomas algébricos, de ordem e do supremo. Números naturais e indução matemática. Sucessões; aplicações. Funções reais de uma variável real; limites e continuidade; funções elementares. Propriedades globais de funções contínuas: teoremas do valor intermédio e de Weierstrass. O conceito de derivada. Derivadas das funções elementares. Teoremas de Rolle, Lagrange e Cauchy. Regra de l'Hôpital. Derivadas de ordem superior. Funções inversas.

Primitivação: partes, substituição, funções racionais. Integral de Riemann. Teorema Fundamental do Cálculo. Regra de Barrow. Aplicações: cálculo de áreas; definição de funções (ex.: logaritmo, erro, gama); exemplos de equações diferenciais separáveis da forma $f(y) y'(t) = g(t)$. Polinómio de Taylor. Séries numéricas. Critérios de convergência. Convergência simples e absoluta. Séries de potências, raio de convergência. Séries de Taylor: definição, exemplos e convergência.

4.4.5. Syllabus:

Real numbers: algebraic, order and supremum axioms. Natural numbers and mathematical induction. Sequences: the concept of limit; applications. Real functions of one real variable: limits and continuity; elementary functions. Global properties of continuous functions: intermediate value and Weierstrass theorems. The concept of derivative. Derivatives of elementary functions. Rolle, Lagrange and Cauchy theorems. L'Hôpital's rule. Derivatives of higher order. Inverse functions.

Primitives: parts, substitution, rational functions. Riemann's integral. Fundamental Theorem of Calculus. Barrow's rule. Applications: calculation of areas; definition of functions (ex.: logarithm, error and gamma functions); examples of separable differential equations of the form $f(y) y'(t) = g(t)$. Taylor's polynomial. Numerical series. Convergence criteria. Simple and absolute convergence. Power series, convergence radius. Taylor series: definition, examples and convergence.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a uma variável. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of differential and integral calculus in one variable. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

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 exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

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 exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

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

A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

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

The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*** Calculus, M. Spivak, 2006, 3rd Edition, Cambridge University Press;**

*** Introduction to Real Analysis, W. Trench, 2009, (free edition), Trinity University;**

- * *Aulas teóricas de Cálculo Diferencial e Integral I*, M. Abreu e R. L. Fernandes, 2014, DM-IST;
- * *Cálculo Diferencial e Integral I*, M. A. Bastos e A. Bravo, 2010, (texto de apoio às aulas);
- * *Introdução à Análise Matemática*, J. Campos Ferreira, 2018, 12ª edição, Gulbenkian;
- * *A First Course in Real Analysis*, M. H. Protter e C. B. Morrey, 1993, Springer-Verlag;
- * *Calculus*, J. Stewart, 2015, 8th edition.

Mapa IV - Instrumentação e Aquisição de Dados

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Instrumentação e Aquisição de Dados

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Instrumentation and Data Acquisition

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

45.5

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):

ist12746, Luís Humberto Viseu Melo, 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):

Em Engenharia e Física Experimental a capacidade de conceber e implementar instrumentação em interação com o ambiente circundante é uma importante mais valia, seja em ambiente industrial ou em laboratório de investigação e Física fundamental. Esta UC pretende fornecer aos Alunos capacidade de projecto e implementação autónoma destas tecnologias de Instrumentação ligadas a aquisição de dados e controlo digital.

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

In Engineering and Experimental Physics the ability to design and implement instrumentation interacting with the surrounding environment, either in industrial context or in a fundamental Physics research lab, is very important. The objective of this CU is to provide skills to the Students that will allow them to design and implement these technologies related to data acquisition and digital control.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A UC pretende introduzir os alunos a tecnologias de instrumentação em Física, aquisição de dados e controlo correntemente usadas em ambiente laboratorial e industrial. Com esta finalidade, a UC aborda diferentes protocolos de

comunicação digital, como USB, SPI ou I2C. Aborda ainda questões de transdução de sinais e medição de grandezas físicas, e controlo de dispositivos e relacionadas com aquisição de dados. A UC funciona em regime predominantemente laboratorial, com elevado grau de autonomia. Os laboratórios distribuir-se-ão por três projectos apoiados em plataformas de microcontroladores e computadores correntemente usados em ambiente laboratorial, como Arduino e Raspberry PI.

4.4.5. Syllabus:

The CU introduces the students to current physics instrumentation technologies related to data acquisition and control currently used in laboratory and industrial environments. The CU will approach different digital communication protocols, as USB, SPI or I2C. It will also approach signal transduction, control and data acquisition topics. The UC will be laboratory-based, with a high degree of autonomy. Laboratories will consist in three projects supported in industry-standard laboratory hardware platforms, as Arduino or Raspberry PI.

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):

20% Trabalho #1 + 20% Trabalho #2 + 40% Trabalho #3 + 20% Apresentação oral/Discussão

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

20% Project #1 + 20% Project #2 + 40% Project #3 + 20% Oral presentation/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:

Documentação Arduino

Documentação Raspberry PI

Documentação Python

Outra documentação técnica (drivers, motores passo-a-passo, etc), #, #, #

Mapa IV - Óptica Aplicada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Óptica Aplicada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Optics

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:****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):****ist24368, Marta Leitão Mota Fajardo, 9.5h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist23437, Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira, 7.5 h****ist14042, João Alberto dos Santos Mendanha Dias, 7.5 h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

O objectivo da Unidade Curricular de Óptica Aplicada é proporcionar aos alunos um conjunto de modelos para descrição dos fenómenos ópticos clássicos e da sua aplicação à ciência e engenharia. Em particular, são estabelecidas ligações entre a descrição básica da óptica geométrica e a óptica ondulatória, com extensões à óptica de Fourier e às ondas electromagnéticas.

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

The goal of this course is to provide students with a set of models for describing classical optical phenomena and their application to science and engineering. In particular, the course builds links between the basic descriptions of geometrical and wave optics, with extensions to Fourier optics and electromagnetic waves.

4.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Óptica Geométrica*****Fundamentos da óptica geométrica: reflexão e refração.******Lentes e espelhos curvos. Formação de imagens e traçado de raios.******Combinações de lentes.******Fibras ópticas (índice em degrau)******Conceitos avançados: étendue, abertura numérica, pupila. Aberrações ópticas.*****2. Óptica Ondulatória*****Equação de onda. Sobreposição de ondas com a mesma frequência, interferência de dois e múltiplos feixes, interferómetros.******Sobreposição de ondas com diferentes frequências, batimentos, pacotes de ondas. Comprimento de coerência.*****3. Propagação da Luz e Óptica de Fourier*****Teoria da difração, difração de Fresnel e Fraunhofer. Aproximação paraxial.******Princípios de Huygens e Fermat. Equações de Fresnel.******Introdução à óptica de Fourier. Transformada óptica de Fourier, filtragem óptica.*****4. Óptica Electromagnética*****Equações de Maxwell na matéria. Equação de onda e suas soluções.*****4.4.5. Syllabus:****1. Geometrical Optics*****Fundamentals of geometrical optics: reflection and refraction.******Lenses and curved mirrors. Imaging and ray tracing.******Lens combinations.***

Optical fibers (step index)

Advanced concepts: étendue, numerical aperture, pupil. Optical aberrations.

2. Wave Optics

Wave equation. Superposition of waves with the same frequency, two- and multiple-beam interference, interferometers. Superposition of waves with different frequencies, beats, wave packets. Coherence length.

3. Light Propagation and Fourier Optics

Diffraction theory, Fresnel and Fraunhofer diffraction. Paraxial approximation.

Huygens and Fermat principles. Fresnel equations.

Introduction to Fourier optics. Optical Fourier transform, optical filters.

4. Electromagnetic Optics

Maxwell's equations in matter. Wave equation and its solutions.

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Sendo que o objetivo desta UC é, para além de dotar o futuro engenheiro de conhecimentos em óptica aplicada, de proporcionar capacidade de ação sobre estes e novos conhecimentos em óptica na sua actividade profissional, os conteúdos programáticos abrangem a óptica desde o traçado de raios até à óptica ondulatória. O rigor e a amplitude de conhecimentos são compatíveis com uma futura especialização em fotónica. Estes conteúdos são trabalhados num primeiro nível básico, assegurando a aquisição de conhecimentos gerais, e mais profundamente com a realização de um mini-projecto.**

- 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 baseada em (i) mini-testes realizados durante as aulas e questionários tipo Kahoot, (ii) relatório de projecto / trabalho computacional ou experimental e (iii) apresentação curta (pitch) e discussão do projecto / trabalho**

- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): Continuous evaluation based on (i) mini-tests taken during the class and Kahoot-type quizzes, (ii) report on the computational or experimental project and (iii) short public presentation (pitch talk) and discussion about the 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 objectivos 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: Optics (5th ed.), E. Hecht, 2016, Pearson; Fundamentals of Photonics (3rd ed.), B. A. Saleh, M. C. Teich, 2019, Wiley; Coherent Optics, W. Lauterborn, T. Kurtz, 2003, Springer; Optical System Design (2nd ed), R. E. Fischer, B. Tadic-Galeb, P. R. Yoder, 2008, SPIE**

Mapa IV - Eletromagnetismo

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular: Eletromagnetismo**

- 4.4.1.1. Title of curricular unit: Electromagnetism**

- 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:**
168.0**4.4.1.5. Horas de contacto:**
49.0**4.4.1.6. ECTS:**
6.0**4.4.1.7. Observações:**
*A disciplina terá vigência trimestral (em princípio), podendo também funcionar em regime semestral (se as execuções trimestrais não forem aprovadas).***4.4.1.7. Observations:**
*The execution will be in 7 weeks, if approved, but can also be in a semester (14 weeks)***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**
*ist12820, Pedro Morais Salgueiro Teixeira de Abreu, 49h (100% das aulas teóricas e de problemas)***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: Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo. Garantir formação científica avançada e profunda num dos domínios fundamentais da Física que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.
*Específico: Compreensão através da fenomenologia da história da síntese das equações de Maxwell para o campo electromagnético e da perspectiva integradora das equações de Maxwell; capacidade de aplicar os conceitos do Electromagnetismo à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**
General: Predict quantitatively the consequences of a variety of physical phenomena with analysis tools. Ensure advanced and in-depth scientific training in one of the fundamental domains of Physics that allows disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.
*Specific: Understanding, through phenomenology, of the history of how Maxwell's equations for the electromagnetic field have emerged and of the integrative perspective of Maxwell's equations; ability to apply the concepts of Electromagnetism to problem solving, particularly in what concerns their technological applications.***4.4.5. Conteúdos programáticos:**
1.Eletrostática: lei de Coulomb; campo eletrostático; princípio de sobreposição; campo e potencial; dipolo elétrico; lei de Gauss; capacidade e condensadores; dielétricos e polarização; energia elétrica.
2.Corrente elétrica estacionária: densidade e intensidade de corrente; continuidade da carga; leis de Ohm, Joule e Kirchhoff.
4.Magnetostática: campo magnético; leis de Biot-Savart e Ampère; força de Lorentz; fluxo magnético; coeficientes de indução e bobinas; magnetização (dia, para e ferromagnetismo); energia magnética.
5.Campo eletromagnético (e.m.) variável e aplicações fundamentais: indução e lei de Faraday; transformadores, motores e geradores elétricos; corrente de deslocamento; energia e.m.; circuitos RC, RL e RLC.
*6.Equações de Maxwell e ondas e.m.: equações de Maxwell; ondas e.m.; ondas planas monocromáticas; energia e intensidade das ondas e.m; teorema de Poynting.***4.4.5. Syllabus:**
1. Electrostatics: Coulomb's law; electrostatic field; superposition principle; field and potential; electric dipole; Gauss's

law; capacity and capacitors; dielectrics and polarization; electric energy.

2. Stationary electric current: current intensity and current density; equation for charge continuity; Ohm's, Joule's and Kirchhoff's laws.

4. Magnetostatics: magnetic field; Biot-Savart's and Ampère's laws; Lorentz's force; magnetic flux; induction coefficients and coils; magnetization (dia, para and ferromagnetism); magnetic energy.

5. Variable electromagnetic (e.m.) field and fundamental applications: induction and Faraday's law; electric transformers, motors and generators; displacement current; e.m. energy; RC, RL and RLC circuits.

6. Maxwell's equations and e.m. waves: Maxwell equations; e.m. waves; monochromatic plane waves; e.m. wave energy and intensity; Poynting's theorem.

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% avaliação contínua por Fichas/Mini-Testes (exclusivamente durante o horário das aulas) [Mediante recursos adequados de monitores e/ou assistentes de ensino, o docente poderá usar também séries de problemas, apresentações orais e/ou discussões de resolução]

50% Exame

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

50% continuous assessment by Mini-tests (exclusively during class hours) [If appropriate number of graders and/or teaching assistants is available, series of problems, oral presentations and/or solution discussions can be considered.]

50% 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:

Introduction to Electrodynamics, David J. Griffiths, 2012, PEARSON. ISBN-13: 978-1108420419; Electromagnetismo, Alfredo Barbosa Henriques, Jorge Crispim Romão, 2006, IST Press, Lisboa, ISBN 972-8469-45-4; Electromagnetismo e Ótica, Jorge Loureiro, 2019, IST Press, 9789898481665

Mapa IV - Introdução às Ciências Biológicas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução às Ciências Biológicas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Biological Sciences

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CBiol

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:**168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****56.0****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):****ist11177, Isabel Maria De Sá Correia Leite de Almeida, 6 h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist12833, Arsénio do Carmo Sales Mendes Fialho , 10h****ist45779, Fábio Monteiro Fernandes, 12h****ist141827, Miguel Nobre Parreira Cacho Teixeira, 10h****ist12532, Ana Cristina Anjinho Madeira Viegas- 10h****Docente a definir - 4h****ist426960, Rodrigo da Silva Costa- 4h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta UC tem como objetivo transmitir uma formação básica (teórica e experimental) na área das Ciências da Biologia e seu impacto na interface com as várias especialidades da Engenharia e de outras Ciências. Permite dotar os futuros graduados de conhecimentos e competências básicas em Ciências da Biologia Moderna (ou seja, entenderem os conceitos e funcionamento da Biologia, focado nos conceitos e mecanismos, não no detalhe e em aspetos descritivos) com a abrangência e nos tópicos considerados de interesse para esta formação. É uma oferta abrangente, formativa, unificadora, na sua visão global, baseada no genoma, essencialmente conceptual e que sensibiliza para as aplicações e áreas de atividade.

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

This course aims at imparting a basic education in the area of Biological Sciences. Its strategic objective is to provide to future graduates the basic knowledge and skills in Modern Biology Sciences (ie, to understand the concepts and mechanisms of Life, with no focus on the details and descriptive aspects) and a wide perspective on topics considered of interest to the degree. It is a comprehensive, formative, unifying offer of genome-based Biology, essentially a conceptual vision that makes students aware of the applications and areas of activity in the field.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1.Introdução à Bioquímica e Biologia Celular e Molecular-As biomoléculas e sua função. A célula: organização e diversidade. Bioenergética. O DNA e a herança genética; o DNA, os RNAs e síntese proteica. Regulação da expressão genética. Ciclo celular***
- 2.Os Genomas e a Biologia pós-genómica-Biologia de Sistemas. Análises Ómicas e Bioinformática. Bases da Taxonomia e Filogenia. Evolução. Engenharia Genética, de Genomas e Biologia Sintética.***
- 3.Introdução à Microbiologia-Técnicas microbiológicas. Os microrganismos na Indústria Biotecnológica e Alimentar, no Ambiente e na Saúde***
- 4.Introdução à Cultura de Células Animais e Biologia Celular Humana-Introdução às técnicas. Produção de anticorpos monoclonais. Células estaminais: diferenciação e novas terapias***
- 5.Introdução à Biologia Vegetal e Animal***

4.4.5. Syllabus:

- 1.Introduction to Biochemistry and Cellular and Molecular Biology- The biomolecules and their function. The cell: organization and diversity. Bioenergetics. DNA and genetic inheritance; DNA, RNAs and protein synthesis. Regulation of gene expression. Cell cycle***

2.Genomes and Postgenomic Biology-Systems Biology. Omics and Bioinformatics Analyses. Bases of Taxonomy and Phylogeny. Evolution. Genetic Engineering, Genomes and Synthetic Biology.

3.Introduction to Microbiology-Microbiological Techniques. Microorganisms in Biotechnology, Food Industry, Environment and Health

4.Introduction to Animal Cell Culture and Human Cell Biology - Introduction to techniques. Monoclonal antibody production. Stem Cells: Differentiation and New Therapies

5.Introduction to Plant and Animal Biology

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: Os conteúdos programáticos permitem dotar os alunos de conhecimentos teóricos e competências laboratoriais básicas em Ciências da Biologia Moderna, ou seja, a entenderem os conceitos e funcionamento dos seres vivos com base no genoma, sem foco no detalhe e em aspetos descritivos. A abrangência do tratamento dos vários conteúdos bem como os tópicos tratados são os de interesse para a eventual continuação de estudos nas áreas de Ciências Biológicas, Biotecnologia ou Bioengenharia.

4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes: The syllabus contents provide students with theoretical knowledge and basic laboratory skills in Sciences of Modern Biology, that is, to understand the concepts and functioning of living beings based on the genome, without focusing on detail and descriptive aspects. The scope of the treatment of the various contents as well as the topics treated are those considered of interest for the eventual continuation of studies in the areas of Biological Sciences, Biotechnology and Bioengineering.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída): Exame (50%) + avaliação contínua (50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment): Exam (50%) + continuous evaluation (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 abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. Baseia-a na transferência de conceitos teóricos e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração e trabalhos experimentais e de bioinformática que permitam uma maior compreensão dos conteúdos teóricos e aquisição de competências. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos da UC 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 were designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. It is based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and experimental and bioinformatics works that allow a greater understanding of theoretical contents and acquisition of skills. This approach will allow not only to fulfill the objectives of the UC, but also to help level the knowledge of students with different backgrounds.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória: Campbell Biology (11th Edition), Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky, Jane B. Reece, Neil A. Campbell, 2020, Pearson, ISBN-13: 978-0134093413

Mapa IV - Física Estatística

4.4.1.1. Designação da unidade curricular: Física Estatística

4.4.1.1. Title of curricular unit: Statistical Physics

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:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

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):
Estudo de sistemas clássicos e quânticos com um número muito grande de graus de liberdade. Determinação das propriedades macroscópicas a partir da estrutura microscópica que caracteriza o sistema em equilíbrio. Estudo de flutuações e aproximação ao equilíbrio de sistemas fora do equilíbrio. Todos estes aspectos serão ilustrados por exemplos práticos.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
Study of classical and quantum systems, with a large number of degrees of freedom. To interpret the macroscopical behaviour from the microscopic structure of the system in equilibrium. Study of fluctuations and approach to equilibrium in systems out of equilibrium. All these topics will be illustrated by examples taken from physical systems.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I. Revisão de Termodinâmica. II. Teoria cinética dos gases, distribuição de Maxwell e de Boltzmann. Distribuição de Gibbs. Relação entre Física Estatística e Termodinâmica. Significado estatístico da entropia. III. Teoria dos Ensembles. Mecânica clássica e espaço de fase. Teorema de Liouville. Ensembles Microcanónico, Canónico e Grande Canónico. Matrix densidade. Exemplos. IV. Estatísticas Quânticas. Estatística Fermi-Dirac e Bose-Einstein. Condensação de Bose. Aplicações à determinação dos calores específicos de metais, à radiação do corpo negro e a estrelas anãs brancas em astrofísica. V. Transições de fase. Fenómenos críticos. Líquido gás, sistema magnético e superfluido. Parâmetro de ordem e expoentes críticos. Teoria de Landau. Modelo de Ising a uma dimensão. VI. Processos irreversíveis e flutuações. Flutuações termodinâmicas. Movimento Browniano. Difusão. Equação de Langevin. Equação. Fokker-Planck. Teorema de Boltzmann. Equação de Boltzmann. A hierarquia BBKGY.

4.4.5. Syllabus:

I. Revision of the basic concepts of thermodynamics. II. Kinetic theory, Maxwell distribution, Boltzmann distribution. Gibbs distribution. Relation between statistics and thermodynamics. Statistical meaning of entropy. III. Theory of Ensembles. Classical Mechanics and phase space. Liouville theorem. Microcanonical ensemble. Canonical ensemble. Grand canonical ensemble. Density matrix. Examples. IV. Quantum statistics. Fermi-Dirac systems. Bose-Einstein. Systems. Bose condensation. Applications to the determination of specific heat of metals, to black body radiation and to white dwarf stars in astrophysics. V. Phase transitions. Critical phenomena. The liquid - gas, magnetic and superfluid systems. Order parameter and critical exponents. Landau theory. Ising model in one dimension. VI. Irreversible processes and fluctuations. Thermodynamical fluctuations. Brownian motion. Diffusion. Langevin and Fokker Planck

equations. Boltzmann theorem. Boltzmann equation. The BBKGY hierarchy.

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:
Statistical Mechanics, second edition, K. Huang, 1987, Wiley, New York; Thermodynamics and Statistical Mechanics, W. Greiner, L. Neise, H. Stocker, 1997, Springer, Berlin; Statistical Mechanics, R. K. Palthria, 1980, Pergamon Press, Oxford; Modern classical physics - optics, fluids, plasmas, elasticity, relativity, and statistical physics, K. S. Thorne, R. D. Blandford, 2017, Princeton University Press, Princeton

Mapa IV - Mecânica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Mecânica

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Mechanics

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:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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):
ist12901, Pedro Miguel Félix Brogueira, 49h

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
TA1, 42h [lecionação simultânea com o responsável em dois turnos práticos (21 TP/P + 21 TP/P)]
Grader1, 100h [correção de trabalhos de alunos para 100 alunos na UC incluindo 4 séries de problemas de avaliação contínua (4x15h) e 2 exames (25h+15h)]

*Nota: De facto a carga letiva do docente na unidade curricular que funciona com 2 turnos práticos e elaboração regular de elementos de avaliação contínua é (28T+ 21 TP/P + 21 TP/P + 14*O=84h)*

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
Geral: Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo. Garantir formação científica avançada e profunda num dos domínios fundamentais da Física que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.
Específico: Compreensão dos conceitos, princípios básicos e fenomenologia da Mecânica e capacidade de os aplicar à resolução de problemas, nomeadamente no que respeita às suas aplicações tecnológicas.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
General: predict quantitatively the consequences of a variety of phenomena with calculus tools. Provide an advanced and profound scientific training in a fundamental domain of Physics, that allows innovative approaches in the discipline or interdisciplinary.
Specific: Understanding the concepts, basic principles and phenomenology of Mechanics, and develop capacities to apply them to problem solving, namely in what concerns their technological applications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:
Vectores e Cinemática. Sistemas de Coordenadas.
Mecânica Newtoniana. As Leis de Newton. Dimensões e unidades.
Forças. Equações de movimento.
Leis de conservação e Simetrias no espaço-tempo.
Momento Linear. Centro de Massa. Sistemas de massa variável.
Energia. Trabalho de uma força. Forças dissipativas. Energia potencial e forças conservativas. Diagramas de energia.
Dinâmica. Pequenas oscilações em sistemas ligados. Pontos de Estabilidade. Equilíbrio estável e instável.
Momento angular. Rotação em torno de eixo fixo. Momento de força ou torque. Momento de inércia. Movimento de translação e rotação em torno de eixo fixo para corpos rígidos.
Sistemas não inerciais. Forças de inércia. Principio da equivalência. Forças de maré. Forças Centrais. Leis de Kepler.
Potencial Efectivo. Órbitas abertas e Órbitas Fechadas. Manobras de satélites.
Sistemas oscilatórios. Oscilações com atrito e forçadas.
Noções de Mecânica Lagrangeana. Equações de Euler-Lagrange.

4.4.5. Syllabus:
Vectors and Kinematics. Coordinate systems.
Newtonian mechanics. Newton's Laws. Dimensions and units.
Forces. Equations of movement.
Conservation Laws and space-time symmetries.
Linear Momentum. Centre of mass. Variable mass systems.
Energy. Work of a force. Dissipative forces. Potential Energy and conservative forces. Energy Diagrams.
Dynamics. Small oscillations in connected systems. Points of stability. Stable and unstable equilibrium.
Angular momentum. Rotation around a fixed axis. Momentum force or torque. Momentum of inertia.

Movement of translation and rotation around a fixed axis for rigid bodies. Non inertial systems. Inertial forces. Principle of equivalence. Tidal forces. Central Forces. Kepler's Laws. Effective Potencial. Open and closed orbits. Satellite maneuvers. Oscillatory Systems. Damped and forced oscillations. Notions of Lagrangian Mechanics. Lagrangian Mechanics. Euler-Lagrange equations.

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% avaliação contínua por séries de problemas, apresentações orais e/ou discussões de resolução. Na ausência do número adequado de horas de TAs e Graders, a UC terá uma avaliação contínua por apresentação de um projeto com um peso de 50% que será desenvolvido autonomamente pelos alunos.
 50% exame*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
*50% continuous assessment through series of problems, oral presentations and/or resolution discussions. In the absence of an appropriate number of hours attributed to TAs or Graders, the UC will have the continuous assessment through the presentation of a project with the weight of 50% that will be developed autonomously by the students.
 50% 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:
An Introduction to Mechanics, Daniel Kleppner and Robert J. Kolenkow, 2010, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge University Press. ISBN:9780521198219

Mapa IV - Descobertas da Física Moderna

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Descobertas da Física Moderna

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Discoveries of Modern Physics

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:**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):****ist14197, Ilídio Pereira Lopes, 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):*****Este curso tem como objetivo:******I. apresentar aos alunos as descobertas fundamentais da física, em muitos casos relacionadas às atividades de pesquisa do Departamento de Física e do IST;******II. demonstrar que a física de ponta geralmente pode ser entendida por conceitos simples, acessíveis aos estudantes de Licenciatura;******III. proporcionar aos alunos prática na aplicação de conceitos fundamentais de física a novas situações;******IV. Praticar o uso de aproximações e estimativas.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****This course aims to:******I. introduce students to the fundamental discoveries in physics, in many cases related with the research activities within the Physics Department and IST;******II. demonstrate that cutting-edge physics can often be understood by straightforward concepts, accessible to undergraduate students;******III. provide students with practice in applying fundamental physics concepts to novel situations;******IV. Practise the use of approximations and estimations.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

UC foi projetada para preencher a lacuna na formação do aluno entre os conceitos de física e engenharia e a investigação avançada de ponta. A UC está dividida em 3 módulos científicos (2 semanas por módulo). Em cada módulo um investigador irá lecionar aulas (seminários) introdutórias que descrevem uma descoberta fundamental ou um tópico de investigação atual, seguido um conjunto de aulas de acompanhamento demonstrando como muitos da investigação avançada pode ser compreendido de forma quantitativa usando os princípios físicos lecionados no 1º ciclo do curso. Todos os módulos serão apresentados por investigadores convidados e membros do Departamento de Física.

O programa da UC será lecionado através palestras, apoiadas em aulas de resolução problemas, realização de projetos individuais e/ou em grupo com apoio tutorial. Cada grupo de estudantes desenvolverá um projeto final a ser apresentado na última semana de aulas.

4.4.5. Syllabus:

This UC was designed to bridge the gap in student education between the concepts of physics and engineering and cutting-edge advanced research. The UC is divided into three scientific modules (2 weeks per module). In each module a researcher will teach a few introductory classes (seminars) that describe a fundamental discovery or a current research topic, followed by a set of follow-up classes demonstrating how much of the advanced research can be studied quantitatively using physical principles learned in the 1st cycle of the Physics Engineering course. All modules will be presented by invited researchers and members of the Physics Department.

The UC program will be taught through lectures, supported by problem solving classes, individual and/or group projects with tutorial support. Each group of students will develop a final project to be presented in the last week of classes.

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):
40%: exame final.

60%: avaliação contínua através da resolução de séries de exercícios em grupo e apresentações de projectos.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
40%: final exam.

60%: continuous assessment via group project resolution and presentation in class and resolution of a series of exercises.

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, 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 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:

The Harvest of a Century - Discoveries of Modern Physics in 100 Episodes , Siegmund Brandt, 2009, Oxford University Press, ISBN-13: 978-019954469. ; Third Thoughts, Steven Weinberg, 2018, Harvard University Press. ISBN-9780674975323

Mapa IV - Sistemas Digitais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Sistemas Digitais

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Digital Systems

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

4.4.1.3. Duração:
Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
56.0

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):

ist14359, Nuno Filipe Valentim Roma, 0h

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

*ist14017, António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo, 42h**ist12552, Francisco Miguel Prazeres da Silva Garcia, 56h*

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

- *Utilizar sistemas de numeração binária e aritmética binária.*
- *Derivar, manipular e simplificar funções booleanas.*
- *Concretizar funções booleanas com circuitos com portas lógicas simples.*
- *Compreender o funcionamento dos componentes fundamentais dos circuitos combinatórios.*
- *Compreender o funcionamento dos elementos básicos de memória, e utilizar registos e contadores.*
- *Especificar e sintetizar circuitos sequenciais síncronos.*
- *Compreender os conceitos básicos de sincronismo temporal e de análise de tempos de propagação.*
- *Projectar sistemas digitais de pequena complexidade utilizando componentes combinatórios e sequenciais.*

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

- *Use binary number systems and binary arithmetic.*
- *Derive, manipulate and minimize boolean functions.*
- *Implement boolean functions with circuits with logic gates.*
- *Understand the operation of the fundamental building blocks of combinational circuits.*
- *Understand the operation of basic memory elements, and work with registers and counters.*
- *Specify and synthesize synchronous sequential circuits.*
- *Understand basic timing issues, including clocking, timing constraints, and propagation delays.*
- *Design low-complexity digital systems with both combinational and sequential components.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Sistema de numeração binária, operações aritméticas, códigos decimais e alfanuméricos.**Circuitos lógicos: lógica binária e portas lógicas, álgebra de Boole, funções lógicas, formas de representação normalizadas, funções incompletamente especificadas, minimização algébrica e por mapas de Karnaugh, circuitos com portas NAND e NOR.**Elementos básicos de tecnologia: famílias lógicas, portas tri-state, tempos de propagação.**Circuitos combinatórios: codificadores, descodificadores, multiplexers, demultiplexers, comparadores, somadores e substractores.**Circuitos sequenciais básicos: latches e flip-flops, análise temporal e sincronização temporal.**Registos e contadores: registos simples, registos de deslocamento, contadores, ligação e expansão de contadores.**Circuitos sequenciais síncronos: máquinas de Mealy e de Moore, diagramas e tabelas de estado, codificação de estados, síntese clássica, métodos alternativos de síntese, minimização de estados.**Memórias: RAM, ROM e PROM.*

4.4.5. Syllabus:

*Binary number system, arithmetic operations, decimal and alphanumeric codes.**Logic circuits: binary logic and gates, Boolean algebra, logic functions, standard forms, incompletely specified functions, algebraic and map minimization, circuits with NAND and NOR gates.**Elementary technology elements: logic families, tri-state gates, propagation delays.**Combinational circuits: encoders, decoders, multiplexers, demultiplexers, comparators, adders and subtractors.**Sequential circuits: latches and flip-flops, timing analysis and timing synchronization.**Registers and Counters: registers, shift registers, counters, counter interconnection and expansion.**Synchronous sequential circuits: Mealy and Moore models, state diagrams and state tables, state encoding, classical synthesis, alternative synthesis methods, state minimization.**Memories: RAM, ROM and PROM.*

- 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 the conclusion that all the syllabus points in 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):**
50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**
50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation
- 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:**
- Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog, M. Morris Mano, Michael D. Ciletti, 2018, Pearson;
- Arquitectura de Computadores: dos Sistemas Digitais aos Microprocessadores, Guilherme Arroz, José Monteiro, Arlindo Oliveira, 2019, ISTPress

Mapa IV - Projeto Integrador de 1º Ciclo em Engenharia Física Tecnológica

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**
Projeto Integrador de 1º Ciclo em Engenharia Física Tecnológica
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**
1st Cycle Integrated Project in Engineering Physics
- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**
ACDEF
- 4.4.1.3. Duração:**
Semestral
- 4.4.1.4. Horas de trabalho:**
252.0
- 4.4.1.5. Horas de contacto:**
21.0
- 4.4.1.6. ECTS:**
9.0
- 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, 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):

O 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 JUNO. 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. JUNO 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.*
- This project could serve as a seed for the master dissertation theme.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O projeto é definido inicialmente pelos orientadores ou sob orientação destes. Pode ser realizado individualmente ou em grupo, no IST ou em centros de investigação e/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 JUNO: 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. Nesta modalidade de formação (com obrigatoriedade de 12 ECTS), o aluno pode incluir no plano curricular 3 ECTS em substituição de uma UC opcional.*

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 types 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. JUNO 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. In this type project (with a requirement of 12 ECTS), the student may include 3 ECTS in the curriculum plan in replacement of an optional course.

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):

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 types 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. JUNO 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. In this type project (with a requirement of 12 ECTS), the student may include 3 ECTS in the curriculum plan in replacement of an optional course.

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. 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 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 - Laboratório de Introdução à Física Experimental

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratório de Introdução à Física Experimental

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Experimental Physics Laboratory

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist23437, Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira, 26h

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

*ist12847, Bernardo Brotas de Carvalho, 10h,
ist12916, Horácio João Matos Fernandes, 10h
ist32467, Mário António Prazeres Lino da Silva, 10h*

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

Desenvolver capacidades para

- adquirir medições rigorosas*
- trabalhar com instrumentos e equipamentos fundamentais de medição*
- registar as medições com método*
- estimar a sua precisão*
- analisar e relatar os resultados na forma de um relatório escrito*

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

To develop the capabilities for

- acquiring accurate measurements*
- working with fundamental measurement instruments and equipment*
- recording measurements methodically*
- estimating their accuracy*
- analysing and reporting the results in the form of a written report*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O programa consiste na realização de um conjunto de experiências de laboratório, a fazer em equipas de alunos, e que abordam diversas áreas da física, permitindo desenvolver as diferentes capacidades. As experiências incluem a determinação de valores experimentais conhecidos a priori (por exemplo, a medição de constantes fundamentais) ou por determinar, incluindo ainda a vertente de comparação com modelos teóricos.

4.4.5. Syllabus:

The program consists in carrying out a set of laboratory experiments, in small teams, and which address different areas

of physics, enabling the development of different capabilities. The experiments include the determination of experimental values known a priori (e.g., the measurement of fundamental constants) or to be determined, also including the comparison with theoretical models.

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:
In view of the learning objectives of the UC, described in #4, any specialist in the subject will be able to verify that all topics of the syllabus, described in #5, 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):

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 demonstrações 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 methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstrations and experimental work. This approach will not only fulfil the goals, but will also help to level the knowledge of students from different backgrounds.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Guias dos trabalhos de LFEB, Bernardo Carvalho e Isabel Cabaço, 2014, Departamento de Física do IST; Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (9th edition), Raymond A. Serway, John W. Jewett, 2016, Cengage Learning; Measurements and their Uncertainties, Ifan G. Hughes, Thomas P. A. Hase, 2010, Oxford University Press

Mapa IV - Relatividade

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Relatividade

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Relativity

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:**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):****ist13673, José Pizarro de Sande e Lemos, 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):**

Esta cadeira sobre a teoria da relatividade restrita estabelece os conceitos importantes e desenvolve as equações necessárias para a compreensão da teoria. Efeitos cinemáticos físicos como a contração do espaço, dilatação do tempo e o paradoxo dos gémeos serão explicados. Diagramas de espaço-tempo serão usados. Processos dinâmicos relativistas serão também introduzidos e a fórmula $E=mc^2$ será deduzida.

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

This course on the special theory of relativity establishes the important concepts and develops the equations necessary for the understanding of the theory. Physical kinematic effects like space contraction, time dilation and the twin paradox will be explained. Spacetime diagrams will be used. Relativistic dynamical processes will also be introduced and the formula $E=mc^2$ deduced.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Relatividade Galileana. Princípio da relatividade restrita de Einstein. O conceito de espaço-tempo e diagramas de Minkowski. Efeitos cinemáticos na teoria da relatividade restrita. Lei da adição das velocidades. O paradoxo dos gémeos e outros paradoxos. Dinâmica em relatividade restrita. Energia relativista e momento relativista. Quadri-vetores e propriedades de transformação. Colisões relativistas. O princípio de equivalência e relatividade geral.

4.4.5. Syllabus:

Galilean relativity. Einstein's principle of special relativity. The spacetime concept and Minkowski diagrams. Physical kinematic effects in special relativity. Law of the addition of velocities. The twin paradox and other paradoxes. Dynamics in special relativity. Relativistic energy and relativistic momentum. Four-vectors and properties of transformation. Relativistic collisions. The equivalence principle and general relativity.

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. 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 Special Relativity, R. Resnick, 1968, Wiley, New York ; Special Relativity, A. P. French, 1968, Norton, New York; Relativity: The Special and the General Theory, A. Einstein, 1920, or any other edition, Holt and Company, New York; Spacetime Physics , E. F. Taylor, J. A. Wheeler, 1966, second edition 1992, W. H. Freeman, New York

Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral III**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Cálculo Diferencial e Integral III

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Differential and Integral Calculus III

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist12881, Luís Manuel Gonçalves Barreira, 0h.

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

ist13224, Jorge Filipe Drumond Pinto da Silva, 56h.

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

- *Resolução de equações diferenciais ordinárias elementares; resolução de equações e sistemas de equações diferenciais lineares.*
- *Propriedades de existência, unicidade e dependência contínua de soluções de equações diferenciais ordinárias.*
- *Teoremas de Gauss e de Stokes, propriedades gerais de divergência e rotacional de campos vectoriais, e aplicações.*
- *Resolução de equações diferenciais parciais de 1ª e 2ª ordem lineares elementares.*
- *Propriedades gerais e convergência de séries de Fourier, transformação de Fourier e aplicações.*

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

- *Resolution of elementary ordinary differential equations; resolution of linear differential equations and systems of linear differential equations.*
- *Existence, uniqueness and continuous dependence of solutions of ordinary differential equations.*
- *Gauss and Stokes theorems, general properties of the divergence and curl of vector fields, and applications.*
- *Resolution of elementary linear partial differential equations of 1st and 2nd order.*
- *General properties and convergence of Fourier series, Fourier transform and applications.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs): exemplos de EDOs de primeira ordem resolúveis, fatores de integração; existência, unicidade e dependência contínua de soluções de sistemas de EDOs de primeira ordem; fórmula de variação das constantes; EDOs de ordem > 1; transformação de Laplace e aplicações a EDOs.

Teoremas de Gauss e de Stokes e introdução a Equações Diferenciais Parciais (EDPs): superfícies em R^3 ; integrais de superfície de campos escalares e de campos vectoriais; Teoremas de Gauss e de Stokes; divergência e rotacional de campos vectoriais; obtenção das equações diferenciais de continuidade, onda, calor, Laplace e Poisson.

EDPs e séries de Fourier: EDPs lineares de 1ª ordem; equações de onda, calor, Laplace e Poisson; séries de Fourier trigonométricas; soluções das equações de onda, calor, Laplace e Poisson, via separação de variáveis e séries de Fourier; transformação de Fourier e aplicações.

4.4.5. Syllabus:

Ordinary Differential Equations (ODEs): examples of solvable 1st order ODEs, integration factors; existence, uniqueness and continuous dependence of solutions of systems of 1st order ODEs; variation of constants formula; ODEs of order > 1; Laplace transform and applications to ODEs.

Gauss and Stokes Theorems and introduction to Partial Differential Equations (PDEs): surfaces in R^3 ; surface integrals of scalar and vector fields; Gauss and Stokes Theorems; divergence and curl of vector fields; derivation of the continuity, wave, heat, Laplace and Poisson differential equations.

PDEs and Fourier series: linear 1st order PDEs; wave, heat, Laplace and Poisson equations; trigonometric Fourier series; solutions of wave, heat, Laplace and Poisson equations, via separation of variables and Fourier series; Fourier transform and applications.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de equações diferenciais e séries de Fourier. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of differential equations and Fourier series. Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação

continua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

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

A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.

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

The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, Boyce and Di Prima, 2013, 10th ed Wiley.*
- * *Vector Calculus, Marsden and Tromba, 2012, 6th ed Freeman.*
- * *Análise Complexa e Equações Diferenciais, Luís Barreira, 2019, 4ª ed. IST Press.*
- * *Introdução à Análise Complexa, Séries de Fourier e Equações Diferenciais, Pedro Girão, 2018, 2ª ed. IST Press.*
- * *Métodos de Resolução de Equações Diferenciais e Análise de Fourier com Aplicações, Luís Magalhães, 2013 DM-IST.*
- * *Análise de Fourier e Equações Diferenciais Parciais, Djairo Figueiredo, 2012, 4ª ed IMPA.*
- * *Cálculo Diferencial e Integral em R^n , Gabriel Pires, 2016, 3ª ed. IST Press.*
- * *Integrais em Variedades, Luís T. Magalhães, 1993, 2ª ed. Texto Editora.*
- * *Exercícios de Análise Complexa e Equações Diferenciais, Luís Barreira e Claudia Valls, 2010, 2ª ed. IST Press.*
- * *Exercícios de Cálculo Integral em R^n , Gabriel Pires, 2018, 2ª ed. IST Press.*

Mapa IV - Álgebra Linear

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Álgebra Linear

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Linear Algebra

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist12816, José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão, 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):

Domínio do cálculo matricial e de métodos para resolver sistemas de equações lineares. Domínio de espaços vectoriais e de transformações lineares. Estudar formas canónicas de matrizes, valores e vetores próprios e valores singulares. Estudar exemplos de aplicações.

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

Master matrix calculus and methods for solving systems of linear equations. Learn about vector spaces and linear transformations. Study canonical forms of matrices, eigenvectors, eigenvalues and singular values. Study applications of the previous subjects.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Métodos de eliminação de Gauss e Gauss-Jordan. Aplicação à solução de sistemas lineares. Matrizes. Matrizes inversas. Determinantes.

Definição e exemplos de espaços vectoriais. Conjuntos linearmente independentes.

Transformações Lineares. Núcleo e imagem de uma transformação linear. Espaço de soluções de uma equação linear. Valores e vetores próprios. Multiplicidade algébrica e geométrica. Forma canónica de Jordan. Exemplos de aplicações (e.g. sistemas de equações diferenciais ordinárias lineares com coeficientes constantes, estabilidade de sistemas dinâmicos lineares, cadeias de Markov, algoritmo de PageRank).

Definição de produto interno. Ortogonalização de Gram-Schmidt. Método dos quadrados mínimos.

Teorema espectral. Transformações ortogonais, unitárias, hermitianas. Decomposição em valores singulares de uma transformação entre espaços euclidianos. Classificação das formas quadráticas reais.

4.4.5. Syllabus:

Gauss and Gauss-Jordan elimination applied to the solution of linear systems. Matrices, inverse matrices and determinants.

Definition and examples of vector spaces. Linearly independent sets.

Linear transformations. Nullspace (kernel) and range of a linear transformation. Solution space of a linear equation.

Eigenvectors and eigenvalues. Algebraic and geometric multiplicity of an eigenvalue. Jordan canonical form.

Applications (e.g. systems of linear ordinary differential equations with constant coefficients, stability of linear dynamical systems, Markov chains, PageRank algorithm).

Inner product spaces. Gram-Schmidt orthogonalization. The least squares method.

Spectral theorem. Orthogonal, unitary and hermitean linear transformations. Singular value decomposition of a linear transformation between euclidean spaces. Classification of quadratic forms.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de Álgebra Linear. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas interligações, à formulação de problemas bastante variados cuja resolução requer a utilização de ferramentas de álgebra linear de uma forma criativa.

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

The topics to be covered correspond to concepts and methods of Linear Algebra. Besides learning those topics the student is encouraged to use a combination of different methods and of their interrelations to formulate problems whose solution requires the creative application of tools from Linear Algebra.

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 exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

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 exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa por parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em diferentes contextos.

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: The formulation and solution of problems, the practice of autonomous work and active learning by the student imply that he has acquired throughout the course a solid and dynamic understanding of the concepts and techniques taught, being able to relate and use them in different contexts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Linear Algebra and its applications*, D. Lay, S. Lay, and J. McDonald, 2016, (5th edition), Pearson Education.;**
- * *Linear Algebra*, J. Hefferon, 2017, (3rd edition), Saint Michael's College;**
- * *Álgebra Linear como Introdução à Matemática Aplicada*, L. Magalhães, 1998, (8ª edição), Texto Editora;**
- * *Introduction to Linear Algebra*, G. Strang, 2016, (5th edition), Wellesley-Cambridge Press,**
- * *Linear Algebra*, S. Friedberg, A. Insel and L. Spence, 2003, (4th edition), Pearson Education.**

Mapa IV - Laboratório de Física Experimental em Unidades de Investigação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratório de Física Experimental em Unidades de Investigação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laboratory of Experimental Physics in Research Units

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:

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):

ist14042, João Alberto dos Santos Mendanha Dias, 24.5h

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

Vários docentes e investigadores de Unidades de Investigação associadas ao Departamento de Física que propõem experiências a realizarem-se em ambiente de laboratório de investigação. Estes participantes variam de ano para ano

por isso não possível definir aqui à partida.

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

*Realizar trabalhos experimentais de complexidade elevada em áreas fronteiras da física em ambiente de laboratórios de investigação nas unidades de investigação associadas.
Adquirir técnicas experimentais características da medição e análise na investigação nessas diferentes áreas da física ao mesmo tempo que se obtém as bases e a destreza experimentais necessárias para a concepção e realização de novas experiências.*

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

*Perform high complexity experimental work in physics frontier areas in research lab environment in the associated research units.
Acquire experimental techniques and skills of measurement and data analysis typical of the experimental research in these different areas of physics while gaining the experimental foundations and skills necessary for the design and realization of new experiments.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Equipas de alunos irão efetuar experiências de várias áreas da física completamente em ambiente de investigação científica nas unidades de investigação associadas. Pretende-se que as experiências propostas aos alunos cobra um vasto leque das técnicas experimentais usuais nesses laboratórios de investigação de diferentes áreas tais como:

- Física Nuclear; Física de Partículas
- Física de Plasmas; Fusão nuclear; Óptica e Lasers
- Nanotecnologias; Matéria Condensada; Física Atómica
- Astronomia
- Sistemas dinâmicos; Geofísica; Energia; Biofísica

Durante a realização dos trabalhos experimentais pretende-se que os alunos desenvolvam autonomia experimental por forma a que partindo de um determinado objectivo sejam capazes de: procurar informação relevante; desenhar/montar a experiência; efetuar a tomada de dados; validar e avaliar os resultados; tratar e comparar os dados com a literatura e/ou previstos pelos modelo; apresentar de forma clara e rigorosa a informação científica.

4.4.5. Syllabus:

Student teams will conduct some experiments from various areas of physics completely in a scientific research environment at the associated research units. It is intended that the experiments proposed to the students covers a wide range of the usual experimental techniques in these research laboratories in different areas such as:

- Nuclear physics; Particle Physics
- Plasma Physics; Nuclear fusion; Optics and Lasers
- Nanotechnologies; Condensed matter; Atomic Physics
- Astronomy
- Dynamic systems; Geophysics; Energy; Biophysics

During the realization of the experimental work, it is intended that students develop experimental autonomy so that starting from a certain objective they are able to: seek relevant information; draw / assemble the experience; acquire the data; validate and evaluate the results; treat and compare the data with the literature and / or the prediction by the models; present scientific information clearly and accurately.

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 no desempenho em laboratório dos trabalhos experimentais realizados e apresentação dos resultados e análise crítica dos trabalhos experimentais sob a forma de relatórios e/ou apresentação oral no trabalho final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

100% Continuous assessment based on laboratory performance of the experimental work performed and presentation

of results and critical analysis of the 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:
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 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:
Vários textos (Fichas, artigos, teses e material de apoio...) fornecidos pelos laboratórios de Investigação de apoio à realização dos trabalhos experimentais, #, #, IST; Error Analysis, John R. Taylor, 1997, University Science Books

Mapa IV - Laboratório de Física Experimental Avançada I

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Laboratório de Física Experimental Avançada I

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Advanced Experimental Physics I

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:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
56.0

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, 56h

4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:
A definir: 3.5 horas semanais

4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):
*- Familiarização com técnicas de medição fundamentais em Física Moderna, nomeadamente detectores aplicados em Física das Radiações bem como dos fenómenos físicos utilizados na deteção.
 - Aplicação de técnicas e métodos experimentais a temas mais complexos: calibrações, resoluções, correcções (tempo morto, eficiências), análise estatística de dados, interpretação quantitativa de leis físicas.*

- *Introdução da prática laboratorial do livro de bordo (logbook), onde cada aluno reporta dados brutos e cálculos relativos a cada sessão, e desenvolve posteriormente a análise de dados de cada trabalho.*
- *Apresentação oral de um dos trabalhos.*

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

- *Familiarization with fundamental measurement techniques in Modern Physics, namely detectors applied in Radiation Physics as well as the physical phenomena used in detection.*
- *Application of experimental techniques and methods to more complex topics: calibrations, resolutions, corrections (dead time, efficiencies), statistical data analysis, quantitative interpretation of physical laws.*
- *Introduction of the laboratory practice of the logbook (logbook), where each student reports raw data and calculations for each session, and subsequently develops the data analysis of each work.*
- *Oral presentation of one of the works.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Física das Radiações e da sua interacção com a matéria. Declínios Nucleares. Processos físicos usados na sua detecção. Natureza estatística dos processos. Espectroscopia. Detectores de Radiação: Propriedades gerais. Detectores de ionização e de cintilação; Geiger-Muller e fotomultiplicadores. Detectores semicondutores. Equipamento electrónico modular: Sinais primários, amplificação, ruídos, calibração, digitalização, flutuações estatísticas. Extracção de parâmetros físicos com alta precisão a partir da estatística recolhida. Estatística e tratamento de dados.

4.4.5. Syllabus:

Physics of Radiation and its interaction with matter. Nuclear Declines. Physical processes used in its detection. Statistical nature of the processes. Spectroscopy. Radiation Detectors: General properties. Ionization and scintillation detectors; Geiger-Muller and photomultipliers. Semiconductor detectors. Modular electronic equipment: primary signals, amplification, noise, calibration, digitization, statistical fluctuations. Extraction of physical parameters with high precision from the collected statistics. Statistics and data processing.

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 continua baseada no desempenho em laboratório dos trabalhos experimentais realizados e 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 laboratory performance of the experimental work performed and presentation of results and critical analysis of the 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:

Vários textos, Fichas e material de apoio à realização dos trabalhos de laboratório, #, #, IST; Measurement and

Detection of Radiation, N. Tsoulfanidis , 1995, Taylor & Francis; Statistical Data Analysis, G. Cowan , #, Oxford Science Publications; Error Analysis, John R. Taylor, 1997, University Science Books

Mapa IV - Laboratório de Física Experimental Avançada II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Laboratório de Física Experimental Avançada II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Experimental Physics II

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:

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):

ist14042, João Alberto dos Santos Mendanha Dias, 14.5h

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

ist24368, Marta Fajardo, 10h

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

Realizar trabalhos experimentais de complexidade elevada em áreas fronteiras da física existentes em laboratórios de ensino e investigação.

Adquirir técnicas experimentais características da medição e análise na investigação nessas diferentes áreas da física ao mesmo tempo que se obtém as bases e a destreza experimentais necessárias para a concepção e realização de novas experiências.

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

Perform high complexity experimental work in physics in different scientific fields of physics in educational and research laboratories.

Acquire experimental techniques and skills of measurement and data analysis typical of the experimental research in these different areas of physics while gaining the experimental foundations and skills necessary for the design and realization of new experiments.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Grupos de alunos irão efetuar algumas experiências de várias áreas da física em condições próximas da investigação, tanto quanto possível. Pretende-se que estas experiências propostas aos alunos cobra um vasto leque das técnicas experimentais usuais em investigação em diferentes áreas da física tais como:

- Física Nuclear; Física de Partículas
- Física de Plasmas; Fusão nuclear; Óptica e Lasers
- Nanotecnologias; Matéria Condensada; Física Atómica
- Astrofísica; Astronomia
- Sistemas dinâmicos; Geofísica; Energia; Biofísica

Durante a realização dos trabalhos experimentais pretende-se que os alunos desenvolvam autonomia experimental por forma a que partindo de um determinado objectivo sejam capazes de: procurar informação relevante; desenhar/montar a experiência; efetuar a tomada de dados; validar e avaliar os resultados; tratar e comparar os dados com a literatura e/ou previstos pelos modelo; apresentar de forma clara e rigorosa a informação científica.

4.4.5. Syllabus:

Groups of students will conduct some experiments from various areas of physics under conditions close to research as much as possible. It is intended that these experiments proposed to students covers a wide range of the typical experimental techniques in research in different areas of physics such as:

- Nuclear physics; Particle Physics
- Plasma Physics; Nuclear fusion; Optics and Lasers
- Nanotechnologies; Condensed matter; Atomic Physics
- Astrophysics; Astronomy
- Dynamic systems; Geophysics; Energy; Biophysics

During the realization of the experimental work, it is intended that students develop experimental autonomy so that starting from a certain objective they are able to: seek relevant information; draw / assemble the experience; acquire the data; validate and evaluate the results; treat and compare the data with the literature and / or the prediction by the models; present scientific information clearly and accurately.

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 continua baseada no desempenho em laboratório dos trabalhos experimentais realizados e 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 laboratory performance of the experimental work performed and presentation of results and critical analysis of the 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:

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 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:

Vários textos, Fichas e material de apoio à realização dos trabalhos de laboratório, #, #, IST; Error Analysis, John R. Taylor, 1997, University Science Books

Mapa IV - Fundamentos da Programação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos da Programação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Foundations of Programming

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MTP

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist11416, Joao Emilio Segurado Pavão Martins, 35h

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

ist11990, Maria dos Remédios Vaz Pereira Lopes Cravo, 10,5 h
ist90700, Alberto Abad, 10,5 h

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

Fornecer conhecimentos sobre conceitos fundamentais relativos à actividade de programação, nomeadamente, algoritmo, abstracção procedimental e abstracção de dados, a programação como construção de abstracções, paradigmas de programação. Após a frequência da cadeira, os alunos deverão dominar os conceitos apresentados e serem capazes de desenvolver programas numa linguagem de programação de alto nível, o Python.

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

Provide knowledge about fundamental concepts related to programming activity, namely, algorithm, procedural abstraction and data abstraction, programming as construction of abstractions, programming paradigms. After attending the course, students should master the concepts presented and be able to develop programs in a high level programming language, Python.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Computadores, algoritmos e programas. Linguagens de programação. Sintaxe e semântica. Elementos básicos de programação. Tipos elementares de dados. Nomes e atribuição. Comunicação com o exterior. Programas, instruções e sequenciação. Selecção. Repetição. Funções. Abstracção procedimental. Tuplos e ciclos contados. Cadeias de caracteres. Listas. Funções recursivas. Funções de ordem superior. Programação funcional. Recursão e iteração. Ficheiros. Dicionários. Abstracção de dados. Tipos abstratos de dados. Programação com objectos.

4.4.5. Syllabus:

Computers, algorithms and programs. Programming languages. Syntax and semantics. Basic elements of programming. Elementary data types. Names and assignment. Communication with outside world. Programs, instructions and sequencing. Selection. Repetition. Functions. Procedural abstraction. Tuples and counted cycles. Strings. Lists. Recursive Functions. Higher order functions. Functional programming. Recursion and iteration. Files,

Dictionaries. Data abstraction. Abstract data types. Object-oriented programming.

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 nas aulas práticas
2 Projetos de programação
1 Exame.
A componente de avaliação contínua terá um peso $\geq 40\%$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
Continuous assessment in practical classes
2 Programming Projects
1 Exam
The continuous evaluation component will have a weight $\geq 40\%$

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:
Programação em Python: Introdução à programação com múltiplos paradigmas, João P. Martins, 2018, IST Press

Mapa IV - Mecânica Analítica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
Mecânica Analítica

4.4.1.1. Title of curricular unit:
Analytical Mechanics

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:
168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:
49.0

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):*Apresentar, no contexto da mecânica clássica, as ideias e métodos teóricos relevantes para o desenvolvimento da física teórica contemporânea. Desenvolver a capacidade de aplicação de conceitos físicos fundamentais à resolução autónoma de problemas complexos.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The objective is to introduce, in the context of Classical Mechanics, theoretical methods and ideas relevant for the development of contemporary theoretical physics. Develop the ability to apply fundamental physical concepts to the independent solution of complex problems.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***I. Vínculos, coordenadas generalizadas, princípio de D'Alembert e equações de Lagrange. Formulação Lagrangeana. Princípio variacional de Hamilton e equações de Lagrange. Ligações não-holónomas. Sistemas não-mecânicos. II. Leis de conservação e simetrias. Momento linear, energia e momento angular. III. Pequenas oscilações em coordenadas generalizadas e normais. Molécula triatómica. IV. Formulação Hamiltoniana. Transformadas de Legendre. Equações de Hamilton. Coordenadas cíclicas. Oscilações. Princípio da ação mínima. V. Transformações canónicas. Parentesis de Lagrange e de Poisson. Teorema de Liouville. VI. Teoria de Hamilton-de Jacobi: Função principal de Hamilton. Problema de Kepler nas variáveis ação-ângulo. VII. Formulações Lagrangeana e Hamiltoniana de sistemas contínuos e de campos. O tensor energia-momento. Formulação Hamiltoniana e representação de momento. Teoria de campo relativista, campos escalar e eletromagnético. Teorema de Noether.***4.4.5. Syllabus:***I. Constraints, generalized coordinates, D'Alembert's principle and Lagrange's equations. Lagrangian formulation. Hamilton's variational principle and Lagrange's equations. Nonholonomic systems. Non-mechanical systems. II. Conservation laws and symmetries. Linear momentum, energy, and angular momentum. III. Small oscillations in generalized and normal coordinates. Triatomic molecule. IV. Hamiltonian formulation. Legendre transforms. Hamilton's equations. Cyclic coordinates. Oscillations. The principle of least action. V. Canonical transformations. Lagrange and Poisson brackets. Liouville's theorem. VI. Hamilton-Jacobi theory. Hamilton's principal function and separation of variables. Kepler's problem in action-angle variables. VII. Lagrangian formulation for continuous systems. Stress-energy tensor. Hamiltonian formulation and momentum representation. Relativistic field theory. Scalar and electromagnetic fields. Noether's theorem.***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:

Classical Mechanics, third edition, H. Goldstein, 2001, Addison-Wesley, New York. First edition 1951; Classical Mechanics Volumes 1 e 2, E. A. Desloge, 1982, Wiley, New York; Mecânica, L. D. Landau, E. M. Lifshitz, 1985, Mir, Moscovo; Classical Dynamics: A Modern Perspective, E. C. G. Sudarshan, N. Mukunda, 1974, Wiley, New York

Mapa IV - Cálculo Diferencial e Integral II

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Cálculo Diferencial e Integral II

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Differential and Integral Calculus II

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MatGer

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist11151, Luis Magalhães, 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):

Domínio do cálculo diferencial de funções de várias variáveis reais com valores escalares e vetoriais e de integrais múltiplos e de linha, incluindo teoremas fundamentais do cálculo para integrais de linha e integrais duplos, e aplicações geométricas e físicas.

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

Master the differential and integral calculus of scalar and vector valued functions of several real variables and multiple and line integrals, including the fundamental theorems of calculus for line and double integrals, and geometric and physical applications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Noções básicas topológicas em R^n , sucessões.

Campos escalares e vetoriais. Limite e continuidade. Diferenciabilidade e gradiente. Aplicações.

Teorema de valor intermédio.

Funções C^k , lema de Schwarz. Extremos e pontos de sela de campos escalares.

Teorema de Weierstrass, fórmula de Taylor, matriz hessiana, multiplicadores de Lagrange.

Teoremas da função inversa e da função implícita. Aplicações.

Integrais múltiplos e aplicações.

Curvas, caminhos e integrais de linha. Aplicações.

Teorema Fundamental do Cálculo para integrais de linha e aplicações.

Teorema de Green e aplicações.

Campos vetoriais gradientes de campos escalares.

4.4.5. Syllabus:

Basic topological notions in R^n , sequences.

Scalar and vector fields. Limits and continuity. Differentiability and gradient. Applications.

Intermediate value theorem.

C^k functions, Schwarz lemma. Extremal and saddle points of scalar fields.

Weierstrass theorem, Taylor's formula, Hessian matrix, Lagrange multipliers.

Inverse and implicit function theorems. Applications.

Multiple integrals and applications.

Curves, paths and line integrals. Applications.

Fundamental theorem of calculus for line integrals and applications.

Green's theorem and applications.

Gradient vector fields of scalar fields.

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

Os conteúdos indicados correspondem a conceitos e técnicas de cálculo diferencial e integral a várias variáveis. Para além da aquisição desses conhecimentos, esta matéria presta-se, através da combinação dos diferentes tópicos e das suas inter-relações, à colocação de problemas bastante variados cuja resolução requer o envolvimento e combinação de uma forma criativa de ferramentas técnicas e analíticas.

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

The course content corresponds to concepts and techniques of differential and integral calculus in several variables.

Besides the acquisition of this knowledge, this subject matter lends itself in a natural way, via the combination of the different topics involved and their relationships, to posing a wide range of problems whose resolution requires the usage and combination in a creative way of technical and analytic tools.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. O modelo de avaliação incorpora exame/testes, possivelmente com nota mínima, complementado com componente de avaliação contínua e/ou provas orais para classificações maiores de 17 valores.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving, reinforcing the practical component,

active learning, autonomous work and student accountability. The assessment model incorporates exam/tests, possibly with minimum grade, complemented with continuous evaluation components and oral evaluation for grades above 17 (out of 20).

4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *A colocação e resolução de problemas, o desenvolvimento do trabalho autónomo e uma aprendizagem activa da parte do estudante implicam necessariamente que este tenha adquirido ao longo do curso um domínio seguro e dinâmico dos conceitos e técnicas leccionados, sendo capaz de os relacionar e utilizar em contextos diferenciados.*

4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes: *The setting and resolution of problems, the developing of autonomous work, and an active learning procedure on the part of the student, are not possible without the acquisition of a solid and dynamic control of the concepts and techniques which are part of the syllabus, having the capacity to relate them, and subsequently apply them in differentiated contexts.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- * *Vector Calculus, Marsden and Tromba, 2012, 6th ed, Freeman;*
- * *Calculus II, Apostol, 2016, 2nd ed, Wiley;*
- * *Functions of Several Variables, Fleming, 1977, 2nd ed, Springer;*
- * *Cálculo Diferencial e Integral em \mathbb{R}^n , Gabriel Pires, 2016, 3ª ed, IST Press.;*
- * *Integrals Múltiplos, Luís T. Magalhães, 1996, 3ª ed, Texto Editora;*
- * *Exercícios de Cálculo Integral em \mathbb{R}^n , Gabriel Pires, 2018, 2ª ed, IST Press;*
- * *Exercícios de Análise Matemática I e II, DM-IST, 2003, Departamento de Matemática do IST.*

Mapa IV - Electrodinâmica Clássica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Electrodinâmica Clássica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Classical Electrodynamics

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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):

João Paulo Ferreira da Silva, 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):**
Após terminar esta unidade curricular os alunos deverão ter adquirido os conceitos fundamentais de uma disciplina de eletrodinâmica clássica, envolvendo tanto a sua componente não-relativista como relativista, devendo estar aptos a aplicar esses conceitos na análise e resolução de problemas.
- 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 the main concepts of classical electrodynamics, both relativistic and non-relativistic, being able to use those concepts to analyze and solve problems.
- 4.4.5. Conteúdos programáticos:**
- 1- *Equações de Maxwell e leis de conservação. Potenciais. Equação das ondas e funções de Green.*
 - 2- *Eletrodinâmica e relatividade restrita. Quadri-vectores. Tensor dos campos e sua transformação.*
 - 3- *Dinâmica de partículas carregadas relativistas e campos eletromagnéticos. Lagrangeano e Hamiltoniano.*
 - 4- *Radiação emitida por cargas em movimento. Potenciais de Lienard-Wiechert. Radiação sincrotrónica.*
 - 5- *Difusão de radiação na matéria. Thomson, Rayleigh e Compton.*
 - 6- *Propagação de ondas electromagnéticas na matéria. Meios dieléctricos, condutores e plasmas.*
 - 7- *Interação de partículas carregadas com a matéria. Radiação de Cherenkov. Bremsstrahlung.*
- 4.4.5. Syllabus:**
- 1- *Maxwell's equations and conservation laws. Potentials. Wave equation and Green's functions.*
 - 2- *Electrodynamics and special relativity. Four-vectors. Field tensor and field transformations.*
 - 3- *Dynamics of relativistic particles and electromagnetic fields. Lagrangean and Hamiltonian.*
 - 4- *Radiation by moving charges. Lienard-Wiechert potentials. Synchrotron radiation.*
 - 5- *Radiation in matter. Thomson, Rayleigh and Compton.*
 - 6- *Electromagnetic wave propagating in matter. Dielectrics, conductors and plasmas.*
 - 7- *Charged particles in matter. Cherenkov radiation. Bremsstrahlung.*
- 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:**

Classical Electrodynamics, 3rd ed., J.D. Jackson, 1998, John Wiley and Sons; Modern Electrodynamics, Andrew Zangwill, 2013, Cambridge U. Press; Elementos de Electrodinâmica Clássica, J. Loureiro, 2013, IST Press; Introduction to Electrodynamics, 4th ed., D.J.Griffiths, 2017, Cambridge U. Press

Mapa IV - Física Computacional

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Computacional

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Computational Physics

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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, 24.5h

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

ist23527, Rui Miguel Dias Alves Coelho, 24.5h

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

Aplicação de algoritmos, estruturas de dados e métodos numéricos a diferentes contextos em matemática, física, e engenharia. Adquirir noções sobre a complexidade de algoritmos, por forma a escolher os que são mais eficientes. Tomar conhecimento de estruturas de dados, e compreensão dos mais apropriados a um dado problema. Aplicação de técnicas computacionais a problemas físicos, incluindo o desenvolvimento de diferentes métodos para resolução de equações algébricas, integrais e diferenciais.

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

Apply algorithms, data structures and numerical methods in various mathematical and physical contexts. Acquire notions of the complexity of the algorithms to choose those that are more efficient. Get acquainted with data structures, and learn how to decide which one to use in a given problem. Apply computational techniques to problems in physics, including different methods to solve algebraic, integral and differential equations.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- Introdução a complexidade algorítmica*
- Dados estruturados, e.g. objects, classes, tipos derivados*
- Algoritmos de ordenação e estruturas de dados, e.g. aplicações: como encontrar o caminho mais curto? como*

encontrar o Higgs com um computador?

- **Algoritmos recursivos, e.g. aplicações: factorial, mapa logístico, caos, fractais**
- **Representação de números no computador**
- **Diferenciação numérica, interpolação e integração**
- **Algoritmos de Monte Carlo, e.g. aplicações: simulações Monte Carlo em física (estatística)**
- **Algoritmos de procura de raízes**
- **Solução numérica de equações diferenciais, e.g. aplicações: problema de Kepler, dinâmica molecular, equação de onda, pêndulos acoplados.**

4.4.5. Syllabus:

- **Introduction to algorithmic complexity.**
- **Structured data. E.g. objects, classes, derived types.**
- **Sorting algorithms, data structures and algorithms in graphs. E.g. applications: how can we find shortest paths? Can we search for the Higgs in a desktop?**
- **Recursive algorithms. E.g. Applications: logistic map, chaos, and fractals.**
- **Representation of numbers in a computer.**
- **Numerical differentiation, interpolation and integration.**
- **Monte Carlo algorithms**
- **E.g. applications: Monte Carlo simulations in (statistical) physics.**
- **Root finding algorithms**
- **Numerical solution to differential equations**
- **E.g. applications: Kepler problem, molecular dynamics, wave equation, coupled pendulums.**

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 algoritmos e estruturas de dados irão dotar os alunos dos conceitos fundamentais em ciência da computação para modelização computacional em física e engenharia, permitindo também aprendizagens autónomas posteriores. Estas competências, que correspondem a todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao cumprimento e à aquisição dos objetivos descritos em 6.2.1.4.

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. O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa (trabalhos escritos - 40% e projecto - 60%) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (≤50%).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Written assignments (40%)/projects with oral presentations (60%)

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 para exemplos práticos em física e engenharia através da utilização intensiva de trabalhos computacionais. Esta abordagem permitirá não só cumprir os objetivos como permitirá a aproximação a metodologias avançadas em ciência e investigação científica, bem como engenharia.

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:

Algorithms, forth edition, Robert Sedgwick, Kevin Wayne, #, Addison-Wesley; Numerical recipes in C, Press et al, Cambridge university press,

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Mecânica Quântica I

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Quantum Mechanics I

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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, 14h

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

*ist90706, João Paulo Ferreira da Silva, 24.5h
Assistente a definir, 10.5h*

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

Geral: Prever quantitativamente as consequências de uma variedade de fenómenos com ferramentas de cálculo. Garantir formação científica avançada e profunda para abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares. Específico: Compreensão e capacidade de aplicação da Física e tecnologia actual que tem por base a Mecânica Quântica (MQ). Familiarização com o conceito de spin. Aplicação de princípios de MQ a sistemas físicos simples: efeito de túnel numa barreira de potencial, átomo de hidrogénio, oscilador linear harmónico, etc.

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

General: Predict quantitatively the consequence of a variety of phenomena through calculations. Guarantee advanced and deep scientific training for innovative approaches, both within this field and in interdisciplinary endeavours. Specific: To understand and being able to apply Physics and modern technology based on Quantum Mechanics. To get familiar with the concept of spin. Application of the principles of QM to simple physical systems: tunnel effect through a potential barrier, hydrogen atom and the harmonic oscillator, etc.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. A equação de Schrodinger e a interpretação probabilística da função de onda.*
- 2. Potenciais unidimensionais. Estados ligados e de dispersão.*
- 3. Formalismo Geral da Mecânica Quântica: Estados, operadores, representações de estados, resultados de uma medição, valores médios e incerteza. Comutadores de grandezas. Variação no tempo do valor médio de um operador. Relações de Incerteza.*
- 4. Equação de Schrodinger a 3 Dimensões; o átomo de Hidrogénio; as harmónicas esféricas e a parte radial da função de onda.*
- 5. Momento angular. Álgebra de comutadores de momento angular.*
- 6. Experiência de Stern-Gerlach. Spin. Ressonância nuclear magnética.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Schrodinger equation. Probabilistic interpretation of the wave-function.**
- 2. Potentials in one dimension. Bound states and dispersion states.**
- 3. General Formalism in Quantum Mechanics: states, operators, state representation, results of a measurement, average values and uncertainty. Commutators of operators. Time variation of the average value of an operator. Uncertainty relations.**
- 4. Schrodinger equation in three dimensions: the Hydrogen atom; spherical harmonics and the radial part of the wavefunction.**
- 5. Angular Momentum and its commutator algebra.**
- 6. Stern-Gerlach experiment. Spin. Nuclear magnetic resonance.**

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos programáticos abrangem os principais conceitos estruturantes do tema da UC; as aplicações teórico-práticas, numéricas e/ou computacionais, permitem ao estudante rever e aprofundar conhecimentos, bem como adquirir novos conhecimentos úteis à sua atividade como engenheiro, capacitando-o, ainda, para outras aprendizagens através de pesquisa autónoma.

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.

50% - 100% avaliação Contínua por Fichas/Mini-Testes (exclusivamente durante o horário das aulas)

[Mediante recursos adequados de monitores e/ou assistentes de ensino, o docente poderá usar também Séries de problemas resolvidas em grupo, Apresentações orais e Discussões de resolução]

0% - 50% Exame

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Teaching methodologies aim to foster problem-based learning, active learning, autonomous work and student accountability.

50% - 100% grading during the semester with 2 minitests (during the classes)

[Provided there are adequate numbers of graders and/teaching assistants, the lecturer may opt to substitute tests for problem series, oral presentations and/or discussions of problems.]

0% - 50% 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 práticos, permite o confronto com problemas reais.

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 quantum systems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Quantum Physics, 3rd Edition, Stephen Gasiorowicz, 2003, John Wiley & Sons

Mapa IV - Electrónica Geral

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Electrónica Geral

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Electronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*Electr***4.4.1.3. Duração:***Semestral***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168.0***4.4.1.5. Horas de contacto:***49.0***4.4.1.6. ECTS:***6.0***4.4.1.7. Observações:***UC optativa***4.4.1.7. Observations:***Optional CU***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist11963, José António Beltran Gerald, 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):***Desenvolver a capacidade de resolução de problemas de análise e síntese de circuitos simples. Verificação experimental dos principais conceitos apreendidos.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To develop the skill to solve problems related with analysis and synthesis of simple electronic circuits. Experimental verification of the principal concepts.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***AMPLIFICADORES OPERACIONAIS: Circuitos básicos com Amplificadores Operacionais. Amplificador Operacional Real: características não ideais.**FILTROS ACTIVOS: Funções de Transferência; Aproximações e tipos de filtros; Filtros com Simulador de Indutância; Secção biquadrática, Filtros com integradores; Secção de Sallen & Key.**OSCILADORES: Principios básicos, critério de Barkhausen, estabilização de amplitude; osciladores RC-Activos; Osciladores de cristal e LC; Osciladores de relaxação.**CONVERSORES ELECTRÓNICOS DE POTÊNCIA CC-CC: Conversor redutor; Conversor amplificador; Conversor redutor-amplificador; Conversor em ponte; Modos de condução contínua e descontínua.**CONVERSORES DE SINAL: Introdução à conversão de sinal A/D e D/A: definições e características. Conversores D/A e A/D.**FILTROS DIGITAIS: Filtros IIR e FIR. Realização de filtros. Filtros adaptativos. Algoritmo LMS.**SISTEMAS DIGITAIS: Memórias ROM, EPROM, EEPROM, SRAM e DRAM.***4.4.5. Syllabus:***OPERATIONAL AMPLIFIERS: Basic Circuits with Operational Amplifiers. Real Operational Amplifier: non-ideal characteristics.**ACTIVE FILTERS: Transfer Functions; Approaches and types of filters; Inductance Simulator Filters; Biquad section, Filters with integrators; Sallen & Key section.**OSCILLATORS: Basic principles, Barkhausen criterion, amplitude stabilization; RC-Active oscillators; Crystal and LC oscillators; Relaxation oscillators.**ELECTRONIC DC-DC POWER CONVERTERS: buck, boost and buck-boost, bridge converter. Analysis in the continuous and discontinuous mode of operation.*

SIGNAL CONVERTERS: Introduction to A/D and D/A signal conversion: definitions and characteristics. D/A Converters, A/D Converters.

DIGITAL FILTERS: Sampling analog signals. IIR and FIR filters. Filter realization. Adaptive filters. LMS algorithm.

DIGITAL SYSTEMS: Memories. ROM, EPROM, EEPROM, SRAM AND DRAM.

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 UC, any expert in the field can reach the conclusion that all syllabus points in 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):
*50% avaliação contínua; 50% avaliação não contínua***

**4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
*50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation***

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 alunos 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, 7ª Edição, Sedra/Smith, 2014, Oxford University Press; Discrete-Time Signal Processing - 3/E, Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, 2010, 2010 Prentice Hall***

Mapa IV - Oscilações e Ondas

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:
*Oscilações e Ondas***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:
*Oscillations and Waves***

**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:
*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):****ist24594, José Guilherme Teixeira de Almeida Milhano, 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):*****Introduzir o formalismo geral para a descrição de fenómenos oscilatórios e ondulatórios, fundamentando o papel central destes fenómenos na compreensão e descrição de sistemas físicos relevantes numa generalidade de contextos de Ciência e Tecnologia. Contribuir para a capacidade de resolução de problemas complexos.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Introduce the general formalism for the description of oscillatory and wave phenomena. Describe the central role these phenomena play in the understanding and description of physical systems relevant in a variety of Science and Technology contexts. Contribute to the ability to solve complex problems.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Movimento Oscilatório. Modos normais. Batimentos.**
- 2. Simetria. Sistema infinito de osciladores acoplados. Simetria translacional.**
- 3. Equação das ondas.**
- 4. Ondas estacionárias. Série de Fourier.**
- 5. Ondas progressivas. Ondas transversais e longitudinais.**
- 6. Ondas electromagnéticas. Equações de Maxwell. [revisão]**
- 7. Meios dispersivos. Velocidade de fase. Velocidade de grupo.**
- 8. Ondas em 2d e 3d. Fontes. Lei de Snell.**
- 9. Polarização and polarizadores.**
- 10. Interferência. Bolha de sabão. Lâminas de onda. Interferência de um único electrão.**
- 11. Difração. Resolução.**
- 12. Ondas quânticas e ondas gravitacionais.**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Oscillatory motion. Normal modes. Beat phenomena.**
- 2. Symmetry. Infinite number of coupled oscillators. Translation symmetry.**
- 3. Wave equation.**
- 4. Standing waves. Fourier series.**
- 5. Traveling waves. Transverse and longitudinal waves.**
- 6. Electromagnetic waves. Maxwell's equations. [recap]**
- 7. Dispersive media. Phase velocity. Group velocity.**
- 8. 2d and 3d waves. Wave sources. Snell's law.**
- 9. Polarization and polarizer.**
- 10. Interference. Soap bubble. Wave plates. Single electron interference.**
- 11. Diffraction. Resolution.**
- 12. Quantum waves and gravitational waves.**

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):

0.50: projecto computacional de grupo (máximo 3 alunos) escolhido a partir de lista disponível no início do período lectivo

0.50: exame

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

0.50: group (max 3 students) computational project selected from list provided at beginning of teaching period

0.50: 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 fundamentais através de exemplos físicos diversos e demonstráveis nas aulas. 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 práticos (projecto computacional) 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 concepts through physical examples that can be demonstrated experimentally in class. The teaching methods were conceived to allow the students to develop wide scope knowledge in the theme, fulfilling the objectives of the curricular unit. Practical work (computational project) will expose the students to real-life problems.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Physics of Waves, Howard Georgi, 2015, Prentice-Hall (1993)

Vibrations and Waves (The M.I.T. Introductory Physics Series), A. P. French, CRC Press (1971)

The Physics of Vibrations and Waves, Sixth Edition, H. J. Pain, John Wiley & Sons, Ltd (2005)

Waves and Oscillations: A Prelude to Quantum Mechanics, 1st Edition, Walter Fox Smith, Oxford University Press (2010)

Mapa IV - Microelectrónica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Microelectrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microelectronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

Electr

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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):

ist1326, Marcelino Bicho dos Santos, 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):

No final da unidade curricular, os alunos serão capazes de:

- Compreender a tecnologia CMOS: passos de fabrico, dispositivos possíveis de implementar, parasitas e opções de encapsulamento.

- Identificar a função de cada transístor MOS em circuitos básicos digitais e mistos: interruptor, fonte de corrente constante, transimpedância, transcondutância, limitador de tensão (incluindo cascode) e diodo.

- Identificar os parasitas mais relevantes em cada dispositivo de circuitos digitais, mistos ou de entrada/saída (IOs).

- Projetar, no nível de esquema eléctrico e de desenho de máscaras (layout), células digitais e circuitos analógicos simples: espelhos de corrente, pares diferenciais, geradores de tensões e correntes de referência e osciladores em anel.

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

By the end of the course, students will be able to:

- Understand MOS technology: processing steps, available devices, parasitics, packaging options.

- Identify the function of each MOS transistor on simple digital and mixed signal circuits: switch, constant current source, transimpedance, transconductance, voltage control (including cascode), and diode.

- Identify the relevant parasitics for each digital, mixed signal and IO circuit device.

- Design, in schematic and layout views, digital cells and simple analog circuits: current mirrors, differential pairs, current and voltage references, ring oscillators.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução: projeto de sistemas discretos versus System-on-Chip.

2. Fluxo de projeto de circuitos analógicos e digitais em microeletrónica: informação tecnológica, ferramentas para CAD e metodologia de projeto.

3. Tecnologia de fabrico CMOS: passos do processo de fabrico, dispositivos concretizáveis, parasitas e modelos, proteção ESD, padding, encapsulamento.

4. Projeto de circuitos digitais: células digitais básicas e complexas.

5. Projeto de circuitos analógicos: projeto de fontes de corrente e de tensão de referência, par diferencial, amplificadores diferenciais, comparadores, DLLs e PLLs, modo inativo (power down).

4.4.5. Syllabus:

1. Introduction: MOS transistors first order model. Design of discrete circuits versus System-on-Chip

2. Analog and digital design flow for microelectronics: technology information, CAD tools and design methodology and mixed signal design flow.

3. CMOS technology: production steps, available devices, parasitics and models, ESD protection, padding and package.

4. Digital cells design: basic and complex cells.

5. Analog circuits design: current sources and voltage reference circuits, differential pair, differential amplifiers, comparators, DLLs and PLLs, power down.

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% de avaliação contínua/50% de avaliação não contínua

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):
50% continuous evaluation / 50% non-continuous evaluation

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:
Design Of Analog Cmos Integrated Circuits , Behzad Razavi, 2017, Mc Graw-Hill; CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, R. Jacob Baker, 2019, IEEE Press

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

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-hidro-dinâmica (MHD).

5- Descrição cinética e introdução a fenómenos de interação 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 - Gestão**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Gestão

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Management

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EGO

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

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):

ist12631, João Agostinho de Oliveira Soares, 14h

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

ist12228, Carlos Manuel Ferreira Monteiro, 10,5h

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

O objetivo da unidade curricular é introduzir os alunos a um conjunto de conceitos e ferramentas que lhes irá permitir compreender a natureza sistémica e integrada do funcionamento das organizações, e avaliar a multidisciplinaridade e recursos necessários ao seu funcionamento. Pretende-se que os alunos fiquem habilitados com as competências necessárias para poderem contribuir ativa e positivamente para o crescimento sustentável das organizações, com particular foco nos seguintes aspetos: Cultura, ética e estrutura organizacional; Contabilidade e Análise Financeira; Análise de Investimentos; Planeamento e Gestão Estratégica; Fundamentos de Marketing. A aplicação dos conhecimentos adquiridos é válida tanto para empresas em atividade, como para projetos de empreendedorismo – por exemplo, startups resultantes da Inovação & Desenvolvimento Tecnológico. A UC de Gestão integra a simulação de gestão IST Management Challenge (ISTMC).

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

The main objective of the Management course unit is to introduce students to a set of concepts and tools that will enable them to understand the nature of the systemic and integrated functioning of organizations, and evaluate the multidisciplinary methods and resources necessary for their operation. It is intended that students become empowered with the skills that enable them to contribute active and positively to the sustainable growth of organizations, with a particular focus on the following aspects: Culture, ethics, and organizational structure; Accounting and Financial Analysis; Investment Appraisal; Planning and Strategic Management; Marketing Fundamentals. The application of the

knowledge acquired is valid for both firms in activity, and entrepreneurial projects, like start-ups resulting from Innovation & Technology Development. The course integrates the simulation management game IST Management Challenge (ISTMC).

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução. Cultura, ética e estrutura das organizações.*
2. *A Informação Financeira.*
3. *Análise de Projetos de Investimento.*
4. *Gestão Estratégica.*
5. *Marketing.*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction to Management. Culture, ethics, and organizational structure.*
2. *Financial Analysis.*
3. *Investment Project Appraisal.*
4. *Strategic management.*
5. *Marketing.*

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular: *Os conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências fundamentais de Gestão e, através da sua aplicação a situações práticas, permitem que se atinjam os objetivos de aprendizagem definidos.*

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

The syllabus aims to provide students with the fundamental knowledge and skills of Management and, through its application to practical situations, allows the achievement of the defined learning objectives.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A nota final da UC de Gestão resulta da soma de duas componentes:

a) *Avaliação Individual*

1. *Teste cotado para 10 valores, com nota mínima de 4.5 valores, contando a melhor nota das duas épocas (50% da nota final).*
2. *Elaboração e entrega em aula de 4 exercícios. Cada exercício é cotado para 2 valores, num total de 8 valores (40% da nota final). Os exercícios serão realizados em papel ou no telemóvel, com o apoio de software adequado.*

b) *Avaliação em grupo*

Jogo de Gestão-ISTManagementChallenge(ISTMC) - 2 valores pelo desempenho e a participação válida da respetiva equipa (3-5 estudantes) no ISTMC (10% da nota final).

Época Especial e Estudantes Trabalhadores ou desportistas de Alta Competição: os alunos fazem apenas a componente de avaliação individual, sendo o teste final/exame cotado para 20 valores (100% da nota final).

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The Final Grade for the Management course is the sum of two components:

a) *Individual assessment:*

1. *Multiple choice final test (score max.: 10 points, 50% of the final grade; minimum required: 4.5 points). Students can do the test in two different dates; the best score of both tests prevails.*
2. *Four Exercises/quizzes to be done in class (max score of each exercise: 2 points; max score in this part: 8 points, 40% of the final grade)*

b) *Group work :*

Management game – IST Management Challenge (ISTMC)

2 points according to the the performance and valid participation of the group in the ISTMC (teams with 3-5 students) - 10% of the final grade.

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

As metodologias de ensino foram concebidas de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente, assegurando a conformidade com os objetivos da unidade curricular. A participação no Jogo de Gestão-IST Management Challenge(ISTMC) permite o desenvolvimento de competências transversais em Competências Interpessoais.

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

Teaching methodologies were designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. Participation in the Management Game-IST Management Challenge (ISTMC) allows the development of transversal skills in Interpersonal Skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Daft, Richard L. and Benson, A. (2016), Management, 1st edition, Cengage Learning EMEA.

Kotler, P. and Keller, K. (2016), Marketing Management, 15th Global Edition, Pearson-Prentice Hall.

Manual do Global Management Challenge.

Soares, João O. (2015), "Apontamentos de Contabilidade", Folhas da unidade

curricular de Gestão, DEG-IST, Universidade de Lisboa.

Soares, João O. (2015), "Análise de Projetos de Investimento: conceitos fundamentais" – Folhas da unidade curricular de Gestão, DEG-IST, U. Lisboa.

Mapa IV - Introdução às Tecnologias Aditivas**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Introdução às Tecnologias Aditivas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Additive Technologies

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:

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):

ist12746, Luís Humberto Viseu Melo, total 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):

As técnicas de manufatura baseadas em fabricação individual automatizada (controlo numérico, incluindo impressão 3D) são já incontornáveis. São parte fundamental da nova Revolução Industrial (Indústria 4.0), nomeadamente possibilitando a produção personalizada. É assim importante proporcionar aos Alunos a tomada de contacto com estas tecnologias, possibilitando a sua compreensão e desenvolvendo capacidade de projecto e utilização autónoma destas tecnologias - nomeadamente fabricação 3D e relacionadas (CNC).

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

Manufacture technology based on custom automated fabrication (numerical control, including 3D printing) are now ubiquitous. They are at the core of the New Industrial revolution (Industry 4.0), allowing for personalized mass production. Understanding and ability to project and use autonomously of current manufacturing technologies - namely 3D-printing and related (CNC) is thus important for Engineering students, and this course intends to provide students with these skills.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

A UC consiste em duas partes, correspondendo a dois projectos de laboratório distintos:

1. Projecto de uma peça em CAD.

Esta parte inclui a aprendizagem básica de técnicas de CAD.

2. Compreensão de funcionamento e utilização de uma impressora 3D (5 semanas)

Esta parte inclui duas componentes: programação e utilização de um dispositivo CNC aberto e a impressão da peça projectada numa impressora 3D.

A UC é essencialmente laboratorial, tendo a componente teórica um papel apenas introdutório dos conceitos necessários. A aprendizagem deverá ser feita essencialmente apoiada no trabalho no laboratório, em regime presencial ou autónomo.

4.4.5. Syllabus:

The CU is divided in two main parts:

1. Project of one object using CAD software;

This includes acquiring basic CAD skills.

2. 3D printing: Understanding the working basics and use of a 3D-printer;

This part has two components: programming and using an open CNC system and 3D-printing the object designed in part 1.

The CU is laboratory-based. The theoretical component is essentially introductory, since the knowledge will be mostly acquired autonomously during lab work.

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):

40% 1ª parte + 40% 2ª parte + 20% Apresentação oral/Discussão.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

40% part #1 + 40% part #2 + 20% Oral presentation/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:

Manual do software CAD

Manual da impressora 3D a utilizar

Documentação sobre a utilização dos microcontroladores disponíveis

Mapa IV - Teoria dos Circuitos e Fundamentos de Electrónica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Teoria dos Circuitos e Fundamentos de Electrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Circuits Theory and Electronic Fundamentals

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

Electr

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist12033, António Carlos de Campos Simões Baptista, 33.6h

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

ist3142, Fernando Manuel Duarte Gonçalves, 22.4 horas.

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

Desenvolver a capacidade de resolução de problemas de análise e síntese de circuitos simples. Verificação experimental dos principais conceitos apreendidos.

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

To develop the ability to analyse electronic circuits and synthesize simple circuits. Proof experimentally the main concepts studied.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. TEORIA DOS CIRCUITOS: Modelo de parâmetros concentrados. Tensão, corrente, potência e resistência; Condensador; Bobine e Transformador; Métodos da análise de circuitos: método básico, método dos nós e método das malhas. Teorema de Tellegen e outros teoremas de circuitos, nomeadamente os aplicáveis a circuitos lineares. Resposta em Frequência.***
- 2. DÍODOS DE JUNÇÃO: Características; Díodo de Zener; Rectificadores; Filtragem; Circuitos limitadores e outros circuitos de aplicação.***
- 3. TRANSÍSTOR DE JUNÇÃO BIPOLAR: Funcionamento e características dos transistores bipolares: estrutura, características e zonas de funcionamento. Modelo de Ebers-Moll; Circuitos básicos; Acoplamento entre circuitos.***
- 4. TRANSISTORES MOS: Funcionamento e características dos transistores MOS: estrutura, características e zonas de funcionamento; circuitos básicos.***
- 5. Espelhos de corrente; Par diferencial.***
- 6. Amplificadores Operacionais: Características; Montagens básicas.***

4.4.5. Syllabus:

- 1. CIRCUIT THEORY: Lumped-matter discipline and lumped circuit abstraction. Voltage, current, power and resistance; Condenser; Coil and Transformer; Circuits analysis methods: basic method, node method and mesh method. Tellegen's theorem and other circuit theorems, namely those applicable to linear circuits. Frequency Response.***
- 2. JUNCTION DIODES: Characteristics; Zener's diode; Rectifiers; Filtering; Limiting circuits and other application circuits.***
- 3. BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR: Operation and characteristics of bipolar transistors: structure, characteristics***

and operating regions. Ebers-Moll model; Basic circuits; Coupling between circuits.

4. MOS TRANSISTORS: Operation and characteristics of MOS transistors: structure, characteristics and operating zones; basic circuits.

5. Current mirrors; Differential pair.

6. Operational Amplifiers: Characteristics; Basic circuits.

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 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 nos conceitos teóricos fundamentais, na resolução de problemas e na realização 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 (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):

Teaching methodologies aim to foster learning based on fundamental theoretical concepts, problem solving and project realization, 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 in the weight of assessment 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 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:

The Art of Electronics, Paul Horowitz e Winfield Hill, 1996, Cambridge University Press; Foundations of Analog And Digital Electronic Circuits, Anant Agrawal, Jeffrey H, Lang, 1st Ed. 2005, Elsevier - Morgan Kaufmann Publishers, Paperback ISBN: 9781558607354, eBook ISBN: 9780080506814; Introdução aos Circuitos Eléctricos e Electrónicos, Manuel de Medeiros Silva, 2001, Fundação Calouste Gulbenkian; Microelectronics Circuits (Fourth Edition), Adel S. Sedra e Kenneth C. Smith, 1998, Oxford University Press; Circuitos com Transistores Bipolares e MOS, Manuel de Medeiros Silva, 1999, Fundação Calouste Gulbenkian.

Mapa IV - Física: a Terra e o Universo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física: a Terra e o Universo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics: the Earth and the Universe

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:***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):***ist12001, Mário Joao Martins Pimenta, 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):***Aprender como o nosso conhecimento da Terra e do Universo foi e é obtido utilizando o Método Experimental.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Learn how our understanding of Earth and Universe was and is obtained through the scientific method. Review old, present and future scientific experiments.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Idade e dimensão da Terra e do Sistema Solar. O balanço energético da Terra. Gravidade e Massa. Massa da Terra, do Sol, do Buraco Negro no centro da Galáxia. Matéria Escura. Raios X e gamma. A proto-Terapia. O LHC e a descoberta do bóson de Higgs. A evolução do Universo. Supernova Cosmological Project. A observação dos buracos negros: a rede ETH. Ondas gravitacionais e a experiência LIGO. Mensageiros do Universo: Os Observatórios Pierre Auger, Ice-Cube e CTA.***4.4.5. Syllabus:***Size and age of Earth and of the Solar System. Earth Energy balance. Gravity and Mass. Mass of Earth, Sun, Black hole in the galaxy center. Dark Matter. Light and Matter. X and Gamma Rays. Proton-therapy. The LHC and the discovery of the Higgs boson. The evolution of the Universe. Supernova Cosmological Project. Black Holes observation: The EHT array. Gravitational waves and LIGO. Messengers from the Universe: Pierre Auger, Ice-Cube and CTA Observatories.***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% 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.]

50% Pequena monografia num tópico específico relacionado com uma experiência presente ou futura.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

50% - grading during the semester with 2 minitests (during the TP classes)

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

50% Short written monograph on specific topic related with one present or future experiment. 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:

Introdução à Física – 3 edição, Jorge Dias de Deus, Mário Pimenta, Ana Noronha, Teresa Pena, Pedro Brogueira, 2014, Escolar Editora

Mapa IV - Física do Estado Sólido

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física do Estado Sólido

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Solid State Physics

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

49.0

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):

A Física do Estado Sólido estuda como as propriedades macroscópicas dos sólidos resultam das suas propriedades à escala atómica. Esta disciplina tem aplicação directa à tecnologia de dispositivos electrónicos, explicando, por exemplo, os princípios físicos por detrás de transistores e semicondutores. Depois da frequência desta UC os alunos serão capazes de: - calcular a energia de coesão de uma rede cristalina; - determinar estruturas de bandas; - calcular espectros de difracção; - calcular algumas propriedades eléctricas e térmicas de sólidos; caracterizar de um semiconductor; estar familiarizados com os conceitos de magnetismo e de supercondutividade.

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

Solid-state physics studies how the large-scale properties of solid matter result from their atomic-scale properties. It has direct applications in the technology of electronic devices, explaining the basic physical principles behind transistors or semiconductors. After taking this course, students should be able to: - calculate the cohesive energy of a crystal; - determine band structures; - calculate the diffraction patterns; - understand the quantization of the oscillation modes of a crystal; - calculate some of the electric and thermal properties of solids; - understand the characterization of a semiconductor; be acquainted with the concepts of magnetism and superconductivity.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- I. Introdução à capacidade calorífica: Modelos de Boltzmann, Einstein e Debye.*
- II. Modelo de Drude: Condutividade eléctrica e térmica. Efeito Hall.*
- III. Modelo de Sommerfeld: Superfície de Fermi. Capacidade calorífica do gás de electrões.*
- IV. Ligação química: van der Waals, iónica, covalente, metálica e pontes de hidrogénio.*
- V. Modelos a uma dimensão: vibrações da cadeia monoatómica e diatómica, fonões (Relação de dispersão. Modos acústicos e ópticos. Quantificação dos modos de vibração.) Tight-binding da cadeia atómica.*
- VI. Geometria dos sólidos: Estrutura cristalina a duas e três dimensões (redes de Bravais, célula de Wigner-Seitz). Rede recíproca (zonas de Brillouin a 2 e 3D). Ondas electrónicas e vibracionais.*
- VII. Difracção. Lei de Bragg.*
- VIII. Bandas: Modelo de electrões quase-livres. Teorema de Bloch. Hiato. Metais e isolantes. Superfícies de Fermi.*
- IX. Semicondutores: Dopantes. Concentração de portadores.*
- X. Introdução a sistemas magnéticos e supercondutores.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to thermal capacity: Boltzmann, Einstein and Debye models.*
- 2. Drude model. Electric conductivity. Thermal conductivity. Hall effect.*
- 3. Sommerfeld model: Fermi surface. Thermal capacity of the electron gas.*
- 4. Chemical bonding: van der Waals, ionic, covalent, metallic and hydrogen bonds.*
- 5. One-dimensional models: vibrations of monoatomic and diatomic chains, phonons (dispersion relation: acoustic and optical modes. Quantization of vibration modes. Crystalline momentum). Tight-binding of the atomic chain.*
- 6. Geometry of solids: Crystalline structure in two and three dimensions (Bravais lattices, Wigner-Seitz cell). Reciprocal lattice in two and three dimensions (Brillouin zones). Electronic and vibrational waves.*
- 7. Diffraction. Bragg's law.*
- 8. Band theory: nearly-free electrons model. Bloch's theorem. Metals and insulators. Fermi surfaces.*
- 9. Semiconductors: holes. Doping. Carrier density*
- 10. Introduction to magnetic systems and superconductors*

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:

The Oxford Solid State Basics, Steven H. Simon, 2013, Oxford University Press; Introduction to Solid State Physics, 8th ed, Charles Kittel, 2005, John Wiley & Sons; Solid State Physics, Neil W. Ashcroft and N. David Mermin, 1976, Harcourt

Mapa IV - Introdução à Economia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Economia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Economy Introduction

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EGO

4.4.1.3. Duração:

Semestral

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

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):

ist14021, Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista, 0h

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

ist14105, Maria Margarida Martelo Catalão Lopes de Oliveira Pires Pina, 14h

ist152309, Hugo Castro Silva, 10.5h

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

O objetivo principal da unidade curricular de Introdução à Economia é permitir aos alunos um primeiro contacto com conceitos económicos fundamentais para o seu dia-a-dia enquanto cidadãos, profissionais de engenharia, ciência e tecnologia, e consumidores. Pretende-se que adquiram um entendimento e familiaridade com questões básicas e estruturantes na sociedade, tais como inflação, desemprego, PIB e crescimento económico, globalização, desigualdade, inovação, o papel da economia nas alterações climáticas, sustentabilidade, responsabilidade social. Após a frequência desta UC os alunos deverão estar habilitados com as competências necessárias para compreender a envolvente económica em que a sua atividade profissional se virá a desenrolar, quer em empresas já estabelecidas, start-ups, ou instituições públicas.

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

The main objective of the Introductory Economics course unit is to provide students with a first contact with economic concepts fundamental to their daily lives as citizens, engineering, science and technology professionals, and consumers. Students are expected to gain an understanding and familiarity with basic and structuring issues in societies such as unemployment, inflation, GDP and economic growth, globalization, inequality, innovation, the role of the economy in climate change, sustainability, and social responsibility. After completing this course students should be qualified with the necessary skills to understand the economic environment in which their professional activity will unfold, across established companies, start-ups, and government institutions.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Mercados, eficiência e papel do Estado**
- 2. PIB e crescimento económico, inovação e progresso tecnológico**
- 3. Inflação, desemprego e desigualdade**
- 4. Bancos, dinheiro e mercado de crédito; crises financeiras e globalização**
- 5. Política económica**
- 6. Economia, ambiente e alterações climáticas**
- 7. Economia digital, informação e desafios sociais**

4.4.5. Syllabus:

- 1. Markets, efficiency and the role of the Government**
- 2. GDP and economic growth, innovation and technological progress**
- 3. Inflation, unemployment and inequality**
- 4. Banks, money and the credit market; financial crises and globalization**
- 5. Economic Policy**
- 6. Economy, environment and climate change**
- 7. Digital Economy, information, and social challenges**

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
Os conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias à realização dos objetivos de aprendizagem. Os alunos adquirem conhecimentos sobre conceitos económicos fundamentais por via da sua aplicação a problemas e desafios reais atuais que afetam a sociedade e a economia.

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 de aplicação sobre um dos tópicos da matéria (25%) + mini teste (25%) + exame (50%)

Note-se que o campo de horas de contacto P deveria estar preenchido com 0.75, mas, por limite de inserção de 3 caracteres, o 5 final é truncado e aparece apenas 0.7.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Applied mini project on one of the course topics (25%) + mini test (25%) + exam (50%)

Note that the contact hours P field should be filled with 0.75, but because of the 3 characters insertion limit, the final 5 is truncated and only 0.7 appears.

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

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 (≤50%).

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:

*** *The Economy* – <https://www.core-econ.org/the-economy/book/text/0-3-contents.html>;**

*** *Economia do Bem Comum*, Jean Tirole, 2018, Guerra e Paz;**

*** *Principles of Economics*, Gregory Mankiw, 8th edition, 2018, Cengage;**

*** *Foundations of Real-World Economics*, John Komlos, 2nd edition, 2019, Routledge, Taylor and Francis Group.**

Mapa IV - Introdução à Física Nuclear e à Física de Partículas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Física Nuclear e à Física de Partículas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Nuclear Physics and 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:

49.0

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:

ist12001, Mário João Martins Pimenta, 14h

ist12091, Maria Teresa de la Peña Stadler, 14h

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

Fornecer os conceitos fundamentais de Física de Partículas e Física Nuclear de forma abrangente, para inspirar novos métodos de abordagem dos sistemas complexos regidos pelas interações fraca e forte, e assim poder responder às grandes questões em aberto nestas áreas.

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

Provide the fundamental concepts of Particle Physics and Nuclear Physics in a comprehensive way to inspire new methods of approaching complex systems governed by weak and strong interactions, and thus be able to answer the major open questions in these areas.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1.Física nuclear e de partículas:Descoberta do núcleo; Experiência de Rutherford para a secção eficaz e revelação da estrutura; descoberta de partículas elementares
2 Estrutura da Matéria. 2a) Partículas elementares e interações fundamentais: alcance e força; Quarks, leptons, bósons; Mesões e Bariões; Números quânticos; Simetrias e leis de conservação; Cinemática relativista e sistema natural de unidades; Diagramas de Feynman 2b) Fenomenologia nuclear e modelos nucleares: Massas de núcleos, energia de ligação nuclear; Estabilidade nuclear (Z vs N) e decaimento nuclear; Raio nuclear (determinação); Spin nuclear; Modelos nucleares.
3. Do Big Bang à Nucleosíntese 3a) Os primeiros segundos do universo e o LHC: a descoberta do bóson de Higgs; o modelo padrão de interações eletrofracas 3b) A formação dos elementos: nucleossíntese primordial e estelar; estrelas de neutrões e produção de elementos pesados. 4. Neutrinos: mistura e oscilações.*

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 barions; 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):

A UC será composta por módulos de uma ou 2 aulas teóricas que terminam numa questão em aberto. Os alunos escolherão uma destas questões para analisar durante o semestre através de papers publicados e de bibliografia sobre o assunto indicada no início do período, devendo entregar uma análise da questão em forma relatório/artigo no final do período (50%) O acompanhamento de processo será feito nas aulas tutoriais semanais e nas aulas práticas. Exame (50%)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course will consist of modules of one or two lectures that end in an open question. Students will choose one of these questions to review during the semester through published papers and a bibliography on the subject indicated at the beginning of the period, and must submit a report / article analysis at the end of the period (50%), for which students will be supported in weekly tutorial classes and practical classes. 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:

Introduction to Particle and Nuclear Physics, Das and Ferbel, 2003, World Scientific; *Nuclear and Particle Physics: An Introduction*, Brian R. Martin, 2009, Wiley; *Modern Physics*, K. Krane, 1987, Wiley

Mapa IV - Laboratório de Física Experimental**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Laboratório de Física Experimental

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Laboratory of Experimental Physics

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:

168.0

4.4.1.5. Horas de contacto:

56.0

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):

ist12744, Pedro José Oliveira Sebastião, 39.2h

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

ist11882, João Luís Maia Figueirinhas, 16.8h

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

Realizar trabalhos experimentais na área da Física Classica incluindo temas de Mecânica, Termodinâmica e Electromagnetismo. Adquirir uma compreensão detalhada das técnicas experimentais de medição usadas com ênfase nas suas características específicas e limitações decorrentes de erros sistemáticos. Desenvolver a capacidade de analisar criticamente os resultados experimentais obtidos através dos diferentes modelos físicos dos sistemas, explorando em simultâneo os limites destes e procurando sempre que possível a determinação dos parâmetros dos modelos.

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

Perform experimental work in the area of Classical Physics including topics of Mechanics, Thermodynamics and Electromagnetism. Acquire a detailed understanding of the experimental measurement techniques used with an emphasis on their specific characteristics and limitations resulting from systematic errors. Develop the ability to critically analyze the experimental results obtained through the different models available for the systems, while exploring their limits, and performing the determination of model parameters whenever possible.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Realização de actividade experimental nas áreas de Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo centrada num

conjunto representativo de tópicos de reconhecida relevância nas três áreas. Medição de diferentes grandezas físicas intervenientes nos diversos tópicos e avaliação dos modelos usados na sua interpretação. Desenvolvimento da capacidade de síntese na elaboração dos relatórios da actividade experimental com aproximação à estrutura utilizada em publicação científica.

Durante a realização dos trabalhos experimentais pretende-se que os alunos desenvolvam autonomia experimental por forma a que partindo de um determinado objectivo sejam capazes de: procurar informação relevante; expandir o âmbito da experiência; efetuar a tomada de dados; validar e avaliar os resultados; tratar e comparar os dados, sempre que possível através do ajuste numérico de modelos, ou com dados da literatura; apresentar de forma clara e rigorosa a informação recolhida.

4.4.5. Syllabus:

To carry on experimental activity in the areas of Mechanics, Thermodynamics and Electromagnetism focused on a representative set of topics of recognized relevance in the three areas. Measurement of different physical quantities involved in the different topics and evaluation of the models used in their interpretation. Development of the synthesis capacity in the elaboration of the reports of the experimental activity with approximation to the structure used in scientific publication.

During the performance of the experimental work, it is intended that students develop experimental autonomy so that starting from a certain objective they are able to: search for relevant information; expand the scope of the experience; make the data taking; validate and evaluate the results; treat and compare the data with results from model fitting, whenever possible, or results from literature; present the collected information clearly and rigorously.

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 na realização dos trabalhos experimentais no laboratório, 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 é 100% de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem ativa: relatórios, apresentações e discussão, compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching methodology is based on experimental work in the laboratory organised in projects and based on the resolution of problems to reinforce an active practical hands-on learning process, autonomous work and self-responsibility. The evaluation model is 100% continuous evaluation compatible with the active learning process (reports, presentations and discussion) and with a significant reduction of exams.

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 realização de projectos e trabalhos experimentais em laboratório. 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:

Protocolos de apoio à realização dos trabalhos de laboratório, #, #, IST; The Art of Model Fitting to Experimental Results, Pedro J. Sebastião, 2014, Eur. J. Phys. 35 - 015017; Measurements and Their Uncertainties. A Practical Guide to Modern Error Analysis, Ifan G. Hughes, Thomas P.A. Hase, 2010, Oxford University Press; An Introduction to Mechanics, 2 edition, Daniel Kleppner, Robert Kolenkow, November 18, 2013, Cambridge University Press, ISBN: 978-0521198110; Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio, Júlio Guémez, Carlos Fiolhais, Manuel Fiolhais, 1998, ed. Fundação

Calouste Gulbenkian; Electromagnetismo, A. B. Henriques, J. C. Romão , 2006, IST Press; Error Analysis, John R. Taylor, 1997, University Science Books

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

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 após-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

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:

49.0

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 fenômenos 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, HertzsprungRussell 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

Mapa IV - Técnicas Matemáticas da Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas Matemáticas da Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Techniques in Mathematical Physics

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:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****49.0****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, 19.6h****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist155296, Liliana Apolinário, 14.7h****ist148178, Pedro José Gonçalves Ribeiro, 14.7h****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Esta unidade tem como objectivo desenvolver uma atitude prática de resolução de problemas em física, e o desenvolvimento de métodos explícitos para resolução de problemas reais e comuns, envolvendo equações integrais, diferenciais ordinárias ou às derivadas parciais. Algumas destas técnicas serão apresentadas sem um demonstração formal, mas com ênfase na física e intuição sobre o problema. Esta unidade pretende familiarizar o alunos com algumas das principais equações da física clássica e quântica e apresentar métodos gerais que as resolvem de forma abrangente e unificada.

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

This unit aims at developing a pragmatic attitude to problem-solving in physics, developing explicit methods to solving real problems, involving integral, ordinary or partial differential equations. Some of these techniques will be presented without formal, complete proofs, but rather with an emphasis on the physics at play. The course aims to familiarize students with some of the main equations in classical and quantum physics and show them unified techniques to study them.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Análise complexa (plano complexo; séries; diferenciabilidade; funções analíticas e as condições de Cauchy-Riemann; integração complexa e o teorema de Cauchy-Goursat. O valor principal de Cauchy; séries de Laurent; o teorema dos resíduos)

Equações diferenciais ordinárias (solução de equações lineares; variação de parâmetros e funções de Green; equações não-lineares; problema aos valores próprios; comportamento local de EDOs: pontos singulares, expansão local; teorema de Fuchs; resultados globais: teoria de Sturm-Liouville; funções especiais)

Séries de Fourier (definição, convergência e completude)

Transformada de Fourier e de Laplace (definição, diferenciação e integração; inversa)

Equações às derivadas parciais (separação de variáveis e funções de Green; exemplos: a equação de Poisson, do calor e de ondas; método de solução com transformadas e séries)

4.4.5. Syllabus:

Complex analysis (Complex plane; series; differentiability: analytic functions and the Cauchy-Riemann conditions; complex integration and the Cauchy-Goursat theorem. Cauchy Principal Value; Laurent series; the residue theorem)
Ordinary differential equations (solution of linear equations; variation of parameters and Green's function; non-linear equations; eigenvalue problem; Local behavior of ODEs: singular points, local expansion; Fuchs theorem; global results: Sturm-Liouville theory; Special functions)
Fourier series (definition, convergence and completeness)

Fourier and Laplace transforms (definition, differentiation and integration; inverse)

Partial differential equations (separation of variables and Green's function; some examples: the Poisson, heat and wave equation; solution with Fourier and Laplace transform and series)

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.

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:

Mathematical Methods for Physicists, Arfken and Weber, 2000, Harcourt Academic Press; Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers, Carl Bender and Steven Orszag, 1999, Springer; Partial Differential Equations in Physics, A. Sommerfeld, 1949, Academic Press; Handbook of Mathematical Functions, Abramowitz and Stegun, 1989, Dover; Mathematics of classical and quantum physics, Frederick Byron and Robert Fuller, 1970, Dover; Elementary Applied Partial Differential Equations With Fourier Series and Boundary Value Problems, Richard Haberman, 1998, Prentice Hall; Differential Equations with Applications and Historical Notes, George F. Simmons, 1972, McGraw-Hill

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 UCs 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.

Avaliação contínua com a redução significativa (< 50%) do peso da avaliação por exames.

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 UCs 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.

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 da UC “Projeto Integrador de 1º ciclo em Engenharia Física Tecnológica” a qual tem por objetivo o desenvolvimento de um projeto no âmbito de estágio numa empresa, num centro de investigação, ou participar num projeto empresarial multidisciplinar (designado por “JUNO-JUnior capstoNe prOject” do IST), existem atividades de “hands-on” e “brains-on” de verão em estágios curtos de Investigação, escolas temáticas e seminários, organizados pelas Unidades de Investigação. Os alunos podem ainda realizar experiências “em aberto” em ambiente de quotidiano em várias UCs de Física. Por fim, no âmbito das UCs “Física: A Terra e o Universo” e “Descobertas da Física Moderna” os alunos ficam a par das grandes descobertas da física e engenharia, através da interpretação e discussão de artigos científicos relevante e de grande atualidade.

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

In addition to the UC “Integrating Project for the 1st cycle in Engineering Physics”, which aims to develop a project in the context of an internship in a company, in a research centre, or to participate in a multidisciplinary business project (called “JUNO-JUnior capstoNe prOject ”of IST); there are several summer “hands-on ”and “ brains-on ” activities in short research projects, thematic schools and seminars organized by the Research Units.

Students can also carry out “open” experiments in a daily environment in several UCs of Physics. Finally, in the scope of the UCs “Physics: The Earth and the Universe” and “Discoveries of Modern Physics”, students become aware of the great discoveries of physics and engineering, through the interpretation and discussion of relevant and highly current scientific articles.

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 1º ciclo entre 180 e 240 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 180 créditos ECTS, decorrendo ao longo de seis 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 1st cycle between 180 and 240 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 180 ECTS, elapsing over six 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 enquadadores 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 iii) 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 enquadadores 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 iii) 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
João Paulo Ferreira da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Jorge Filipe Drumond Pinto da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		MATEMATICA	100	Ficha submetida
Marta Leitão Mota Fajardo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	Ficha submetida
Luís Humberto Viseu Melo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	Ficha submetida
Susana Isabel Pinheiro Cardoso de Freitas	Professor Associado ou equivalente	Doutor		FÍSICA	100	Ficha submetida
Pedro Jorge Dos Santos de Assis	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	Ficha submetida
Arsénio do Carmo Sales Mendes Fialho	Professor Associado ou equivalente	Doutor		BIOTECNOLOGIA	100	Ficha submetida
Pedro Miguel Félix Brogueira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	Ficha submetida
Marcelino Bicho dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor		ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida

Bernardo Brotas de Carvalho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA FISICA TECNOLÓGICA	100	Ficha submetida
António Carlos De Campos Simões Baptista	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Hugo Miguel Fragoso de Castro Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia e Gestão	30	Ficha submetida
Pedro José Oliveira Sebastião	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Fábio Monteiro Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Química	30	Ficha submetida
António Manuel Pacheco Pires	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA APLICADA	100	Ficha submetida
Rodrigo da Silva Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências Biológicas	100	Ficha submetida
Rui Miguel Dias Alves Coelho	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
João Luís Maia Figueirinhas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Maria Teresa Haderer de la Peña Stadler	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
João Emílio Segurado Pavão Martins	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	INFORMATICA	100	Ficha submetida
Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE SISTEMAS	100	Ficha submetida
José Nuno Aguiar Canongia Lopes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	Ficha submetida
António Manuel Raminhos Cordeiro Grilo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Isabel Maria De Sá Correia Leite de Almeida	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Eng ^a Química -Biotecnologia (Ciências Biológicas)/ Biological Sciences)	100	Ficha submetida
Luís Manuel Gonçalves Barreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Maria dos Remédios Vaz Pereira Lopes Cravo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Alberto Abad Gareta	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Signal Theory and Communications	100	Ficha submetida
José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Miguel Nobre Parreira Cacho Teixeira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	BIOTECNOLOGIA	100	Ficha submetida
Vítor Manuel dos Santos Cardoso	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Maria Margarida Martelo Catalão Lopes de Oliveira Pires Pina	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ECONOMIA	100	Ficha submetida
Patrícia Carla Serrano Gonçalves	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	Ficha submetida
Ilídio Pereira Lopes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Astrofísica e Gravitação	100	Ficha submetida

Pedro José Gonçalves Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Physics	30	Ficha submetida
José Guilherme Teixeira de Almeida Milhano	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA TEÓRICA	100	Ficha submetida
Jorge Miguel Ramos Domingues Ferreira Vieira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Pedro Simões Cristina de Freitas	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Luís Pereira de Quintanilha e Mendonça Dias Torres Magalhães	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	Ficha submetida
Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Mário João Martins Pimenta	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Fernando Manuel Duarte Gonçalves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
João Alberto dos Santos Mendanha Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
João Agostinho De Oliveira Soares	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	Ficha submetida
Horácio João Matos Fernandes	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Liliana Marisa Cunha Apolinário	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Física	30	Ficha submetida
José Pizarro de Sande e Lemos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Mário António Prazeres Lino da Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	30	Ficha submetida
Carlos Manuel Ferreira Monteiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	Ficha submetida
Pedro Morais Salgueiro Teixeira de Abreu	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
Ana Neves Vieira da Silva	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física Tecnológica	20	Ficha submetida
Vasco António Dinis Leitão Guerra	Professor Associado ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	Ficha submetida
José António Beltran Gerald	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Nuno Filipe Valentim Roma	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	100	Ficha submetida
Francisco Miguel Prazeres da Silva Garcia	Professor Auxiliar convidado ou equivalente	Doutor	ENG. ELECTROTECNICA E DE COMPUTADORES	30	Ficha submetida
Ana Cristina Anjinho Madeira Viegas	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	BIOTECNOLOGIA	100	Ficha submetida
				4930	

<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.

49.3

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:	47	95.334685598377

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):	49.3	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	28	56.795131845842
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.**5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff**

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	47	95.334685598377
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0

Pergunta 5.5. e 5.6.**5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização**

e desenvolvimento profissional.

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, 2.ª 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 bolsheiros, 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):

Equip. de Oficina Mecânica, Eletrónica e CAD, Multímetros, Osciloscópios, Fontes DC e AC, Ger. de sinais, Lasers HeNe, Computadores e Sistemas de Aquisição de Dados.

Material de Lab. de Demonstrações de Mecânica, Eletromagnetismo, Fenómenos Ondulatórios e Ótica, Termodinâmica, idrostática e Dinâmica de Fluidos.

Experiências:**Lab. Int. Fis. Exp.**

Pêndulo, Óptica, Millikan, Const. Planck, Thomson, Vel. Luz, Rutherford, Ondas mecânicas P&S, Espet. Visível, Goniómetro Babinet

Lab. Fis. Exp.

Cavendish, Osc. Galvanómetro, Massa-mola, RLC, Acústica, óptica ondulatória, interf. e difração de eletrões e microondas, Colisões em câm. Bolhas (fotos); Comp/expansão de gases, motor Stirling, condução de calor, equilíbrio líquido -vapor.

Labs. Fis. Exp. Avançada I, II

Desvio Döppler acústico e Anemometria Laser; Holografia; Detetor Geiger-Muller; Espet. alfa, beta, gama e óptica; Franck-Hertz; Difração RX; Difusão Compton; Vida média nuclear; Solitões em tina; Caos sist não lineares.

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

Mechanical Workshop, Electronics and CAD Equip: Multimeters, Oscilloscopes, DC and AC Power Supplies, Signals Gen., HeNe Lasers, Comp. and Data Acquisition Systems.

Demonstration Labs of Mechanics, Electromagnetism, Wave Phenomena and Optics, Thermodynamics, Hydrostatics and Fluid Dynamics.

Experiments:**Int. Exp. Phys. Lab**

Pendulum, Optics, Millikan, Planck Const., Thomson, Speed of Light, Rutherford, P&S mechanical waves, Visible Spect., Babinet Goniometer

Exp. Phys. Lab

Cavendish, Galvanometer Oscil., Spring-mass, RLC, Acoustics, wave optics, electrons and microwave interference and diffraction, Collisions in Bubbles Chambers (photos); Comp/ Expansion of Gases, Stirling Engine, Heat conduction, Vapour-liquid equilibrium.

Advanced Exp. Phys. Labs. I, II

Acoustic Döppler Shift and Laser Anemometry; Holography; Geiger-Müller detector; Alpha, beta, gamma and optical spect.; Franck-Hertz; X-ray diffraction; Compton Scatt.; Nuclear half-life; Solitons Tube; Non-linear system chaos.

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	3	

CFTP - Centro de Física Teórica de Partículas	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	2	
CeFEMA - Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	7	
IPFN - Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	8	
INESC MN - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Microsistemas e Nanotecnologias	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	2	
LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	5	
C2TN - Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	2	
CERENA - Centro de Recursos Naturais e Ambiente	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	1	
CAMGSD - Centro de Análise Matemática, Geometria e Sistemas Dinâmicos	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	4	DM: lecionam as UCs de Matemática
CEMAT - Centro de Matemática Computacional e Estocástica	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	1	DM: lecionam as UCs de Matemática
CQE - Centro de Química Estrutural	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	2	DEQ: lecionam as UCs de Química
IBB - Instituto de Bioengenharia e Biociências	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	9	DEB: lecionam as UCs de Química
CEG-IST - Centro de Estudos de Gestão do IST	Muito Bom	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	4	DEG: lecionam as UCs de Gestão e Economia
INESC-ID - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Investigação e Desenvolvimento em Lisboa	Excelente	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	5	DEI + DEEC: lecionam as UCs de engenharia Informática e Eletrotecnia e Computadores
Centros de Investigação do IST. https://tecnico.ulisboa.pt/pt/investigacao-e-inovacao/id/areas-e-centros/	-	Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa	0	Os alunos do LEFT podem fazer a UC PIC1 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.

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/616e1271-0c71-8245-b5ba-5e6fc5a63ebd>

8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:

<http://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/616e1271-0c71-8245-b5ba-5e6fc5a63ebd>

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 LEFT, 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; e 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 LEFT 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 LEFT 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 large-scale 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 LEFT 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:

Consideraram-se os dados relativos ao desemprego dos diplomados da DGEEC. Os dados mais recentes de Junho de 2019 (Fonte: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior – junho de 2019 – Tab. Geral). Para comparação considerou-se a oferta formativa congénere ao nível do 1º ciclo das Universidades de Aveiro, Lisboa e Nova de Lisboa. Considerando o conjunto de diplomados entre 2010 e 2018, o desemprego varia entre 0% e 5%. Refira-se que os 5% (Universidade de Lisboa) correspondem em termos absolutos a apenas um diplomado mas calculados face número reduzido de diplomados. Nas restantes instituições o valor é de 0%. Face a estes dados é legítimo considerar os níveis de desemprego desta oferta formativa são significativamente baixos. Refira-se que o atual o grau de licenciatura em Ciências de Engenharia – Engenharia Física e Tecnológica obtido ao atingir-se 180 ECTS do respetivo mestrado em funcionamento no IST, para o mesmo período, não apresenta desempregados (0%).

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

This analysis considered the graduates' unemployment of DGEEG. The latest data is from June 2019 (Source: Characterization of registered unemployed with higher education - June 2019 - General Tab).

For comparison, we considered data from similar courses at the level of the 1st cycle offered by the Universities of Aveiro, Lisbon and Nova de Lisboa. If we consider the group of graduates between 2010 and 2018, unemployment varies between 0% and 5%. We noted that the 5% (University of Lisbon) corresponds in absolute terms to only one

graduate but calculated given the small number of graduates. In the remaining institutions, the value is 0%. Given the available data, it is legitimate to consider the unemployment levels of this course to be significantly low.

We noted that the current degree in Engineering Sciences - Physics Engineering, obtained when reaching 180 ECTS of the respective master's degree in operation at IST, for the same period, does not have unemployed (0%).

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

Não existe informação para o LEFT, mas existe para o Mestrado Integrado do curso. De acordo com o Relatório Anual de Autoavaliação MEFT 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 MEFT 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):

There is no information for LEFT, but it exists for the Integrated Master of the course. According to the MEFT 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 nas Unidades de Investigação: CENTRA, CFTP, CEFEMA, IPFN, CT2N, CERENA. Existe também cooperação interinstitucional na UL, para garantir o acesso a equipamento avançado. Adicionalmente, assinalam-se as parcerias:

Fundação Champalimaud, através do seu programa de Investigação em Neurociências

LIP, em áreas 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

INL, Lab. Inter. de Braga, para a Nanotecnologia.

IN+, Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento

Empresa Biosurfit, para testes de diagnóstico in vitro, criada por um graduado do MEFT.

A participação das empresas é feita através da realização de estágios de curta duração, visitas de estudo e colóquios, e através da UC "Projeto Integrador de 1º ciclo em Engenharia Física Tecnológica".

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. Moreover, there is inter-institutional cooperation within UL to guarantee access to advanced equipment. In addition, there is inter-institutional cooperation with the institutions:

Fundação Champalimaud, through its program in Neurosciences

LIP Lab de Inst. 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, International Lab. in Braga for Nanotechnology

IN+, Centre for Innovation, Technology and Policy Research

Company Biosurfit for in vitro diagnostic tests, created by a graduate of MEFT.

The participation of companies is carried out through short internships, study visits and colloquia. This collaboration is fundamental for the realization of the UC "Integrating Project of 1st cycle in Engineering Physics".

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:

Licenciatura em Física, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Licenciatura 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:

Bachelor of Physics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Bachelor of 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 LEFT segue os padrões de formação científico-pedagógica das melhores escolas de referência a nível mundial, nomeadamente o Massachusetts Institute of Technology (MIT) e École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). A formação do aluno nestes cursos é focada em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), com uma componente em HASS. Assim, durante os 3 anos do curso (180 ECTS), o aluno LEFT adquire uma formação comparável à formação do aluno de Física da EPFL. Genericamente, o LEFT tem o seguinte plano curricular em termos de ECTS (equivalente EPFL em ECTS): 36 (43) de Matemática, 45 (40) de Física Básica, 24 (30) de Física Experimental, 12 (8) de programação e computação, 9 (9) HASS, 21 (6) UCs totalmente livres. O aluno do LEFT pode ainda optar por UCs de Ciências e Engenharia, e 9[+3] ECTS de Projeto Integrador do 1º Ciclo. Neste último ponto, em que o aluno é responsabilizado pela escolha de UCs, 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 curriculum structure of LEFT follows the standards of scientific and pedagogical training of the best schools of reference worldwide, namely the Massachusetts Institute of Technology (MIT) and École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). The training of students in these courses is focused on science, technology, engineering and mathematics (STEM), with a component in HASS. Thus, during the three years of the course (180 ECTS), the LEFT student acquires training comparable to that of the EPFL Physics student. Generically, LEFT has the following curricular plan in terms of ECTS (EPFL equivalent in ECTS): 36 (43) Mathematics, 45 (40) Basic Physics, 24 (30) Experimental Physics, 12 (8) Programming and computing, 9 (9) HASS, 21 (6) free UCs. LEFT students can also opt for Science and Engineering UCs, and 9 [+3] ECTS for the 1st Cycle Integrating Project. In this last point, where the student is responsible for the choice of UCs, the pedagogical model is close to the MIT model.

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) *Elevada qualidade dos alunos, única entre os CE congéneres, no que respeita às notas mínimas e médias no concurso nacional de acesso. Homogeneidade de nível elevado dos alunos e da sua motivação para o estudo/aprendizagem.*
- 2) *Corpo docente altamente qualificado, com provas dadas em desenvolvimento, produção científica e cultural.*
- 3) *Inserção do CE numa Escola de grande tradição na Engenharia.*
- 4) *Responsabilização do aluno na sua formação, através da oferta de UC's opcionais e da disponibilização de 9 [+3] ECTS para a realização de um projeto individual.*
- 5) *A disponibilidade 15 ECTS no currículo para os alunos poderem fazer quaisquer UCs do IST.*
- 6) *Interdisciplinaridade da formação, que inclui opções de Matemática, Computação e outros domínios da Engenharia.*
- 7) *Grande flexibilidade, na variedade de UC's opcionais oferecidas, no percurso académico dos alunos, o que está em linha com as referências internacionais, facilitando a participação dos alunos em programas de Mobilidade Internacional.*

12.1. Strengths:

- 1) *High quality of students, unique among similar CEs, about the minimum and average grades in the national access competition. Homogeneity of the high level of students and their motivation for study/learning.*
- 2) *Highly qualified teaching staff, with proven development, scientific and cultural production.*
- 3) *Insertion of the CE in a School of great tradition in Engineering.*
- 4) *Student accountability in their training, through the offer of optional UC's and the provision of 9 [+3] ECTS to carry out an individual project.*
- 5) *The availability of 15 ECTS in the curriculum for students to be able to take any IST UCs.*
- 6) *The interdisciplinarity of training, which includes options in Mathematics, Computing and other fields of Engineering.*
- 7) *Excellent flexibility, in the variety of optional UC's offered, in the students' academic path, which is in line with international references, facilitating students' participation in International Mobility programs.*

12.2. Pontos fracos:

- 1) *Perda dos alunos para outras universidades e instituições europeias, estimulada pela elevada qualidade da formação dos alunos do LEFT.*
- 2) *Uma formação em física experimental com algumas limitações, devidas sobretudo a escassez de recursos materiais e humanos, face à ambição de dar uma formação tecnológica e experimental de elevada qualidade.*
- 3) *Uma oferta ainda limitada ao nível da engenharia, nomeadamente a ausência de UCs de Engenharia dos Materiais e Nanotecnologias, Engenharia Mecânica, Engenharia Química e Engenharia Biomédica.*
- 4) *A não obrigatoriedade da lecionação das UCs do 1º ciclo em Inglês, poderá no futuro limitar a atratividade do curso.*
- 5) *A redução da formação em física e engenharia devido a inclusão de UCs HASS.*
- 6) *A não existência pessoal docente auxiliar suficiente para apoiar na lecionação das UCs.*

12.2. Weaknesses:

- 1) *Loss of students to other European universities and institutions, motivated by the high quality of LEFT student training.*
- 2) *Training in experimental physics with some limitations, due mainly to the scarcity of material and human resources, in view of the ambition to provide technological and experimental training of high quality.*
- 3) *An offer still limited to the engineering level, namely the absence of UCs for Materials Engineering and Nanotechnologies, Mechanical Engineering, Chemical Engineering and Biomedical Engineering.*
- 4) *The non-mandatory teaching of the 1st cycle UCs in English, may in the future limit the attractiveness of the course.*
- 5) *The reduction of training in physics and engineering due to the inclusion of HASS UCs.*
- 6) *The lack of sufficient auxiliary teaching staff to support the teaching of UCs.*

12.3. Oportunidades:

- 1) *A reformulação do método de ensino poderá contribuir para a redução da elevada taxa de abandono, e aumentar o sucesso escolar, aproximando-nos das taxas encontradas nas melhores instituições mundiais.*
- 2) *Uma oferta de UCs optativas de especialização (em Engenharia e Física Teórica) no 3º ano, permite aos alunos interessados uma formação mais sólida, rigorosa, intensa e de melhor nível nestas UCs.*
- 3) *Recente integração do Campus Tecnológico Nuclear no IST, abrindo a possibilidade de formação em novas áreas de tecnologia nuclear (materiais, proteção radiológica, etc.) e acesso a equipamento experimental único em Portugal e a um grupo de Aplicações de Física Nuclear de referência na Europa.*
- 4) *Visibilidade e implantação de alumni IST e de ex-alunos do curso no tecido social, administrativo e económico do país.*
- 5) *O aumento da visibilidade dos licenciados junto das empresas com o apoio do recentemente criada “Área de Transferência de Tecnologia do IST”.*

12.3. Opportunities:

- 1) *The reformulation of the teaching methods could contribute to reducing the high dropout rate, and increase the school success, bringing us closer to the rates found in the best institutions worldwide.*
- 2) *An offer of optional specialization UCs (in Engineering and Theoretical Physics) in the 3rd year, allows interested students to have a more solid, rigorous, intense and better level training in these UCs.*
- 3) *The recent integration of the Nuclear Technological Campus in IST, opening the possibility of training in new areas of nuclear technology (materials, radiation protection, etc.) and access to experimental equipment unique in Portugal and to a reference group of Nuclear Physics Applications in Europe.*
- 4) *Visibility and implementation of IST alumni and ex-students of the course in the social, administrative and economic fabric of the country.*
- 5) *Increasing the visibility of graduates in companies with the support of the recently created “Área de Transferência de Tecnologia do IST”.*

12.4. Constrangimentos:

- 1) *Adoção, pela Escola, de uma formação transversal e uniforme de Matemática, através de cinco UC's comuns (30 ECTS) a o ensino oferecido a todas as licenciaturas do Técnico, incluindo o LEFT. Assim, é pena que os alunos do LEFT que têm uma grande aptidão para a física e/ou matemática, não possam usufruir de uma formação em matemática mais ajustada às suas aptidões e necessidades do curso.*
- 2) *A oferta de UCs de matemática a ser feita em regime semestral, é uma oferta assíncrona à oferta das outras UCs do curso (regime intensivo), não permite que esta formação em matemática preceda sempre as UCs que dela necessitem. A eliminação deste constrangimento teria um impacto muito positivo na formação dos alunos, permitindo que o curso se aproximasse de um modelo pedagógico idêntico aos CE congéneres anglo-saxónicos.*
- 3) *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).*

12.4. Threats:

- 1) **Adoption, by the School, of a transversal and uniform formation in Mathematics, through the offer of five common UC's (30 ECTS) to all Técnico degrees, including LEFT. Thus, it is a pity that LEFT students who have an excellent aptitude for physics and/or mathematics, cannot enjoy mathematical training more adjusted to their skills and needs of the course.**
- 2) **The offer of UCs for mathematics to be made on a semesterly regime is an offer asynchronous to the offer of the other UCs of the course (trimestral regime), it does not allow this mathematics training always to precede the UCs that need it. The elimination of this constraint would have a very positive impact on the training of students, allowing the course to come closer to a pedagogical model similar to the Anglo-Saxon counterparts.**
- 3) **Decrease in resources due to budgetary constraints, both to maintain or increase the size of the faculty members, as well as to replace and renew material resources (especially laboratory).**

12.5. Conclusões:

Os licenciados do LEFT têm vindo, nos últimos anos, a seguir percursos com uma diversidade acrescida em linha com as tendências internacionais nas melhores escolas de engenharia, como resposta a um mundo onde a complexidade e a incerteza emergem com muita força. Atualmente os diplomados do LEFT seguem percursos muito diversos. Perto de dois terços opta por continuar para o 2º ciclo. Do restante terço dos alunos, 50% abandonam o curso para seguirem formações nas melhores escolas internacionais. Esta percentagem corresponde, usualmente, aos melhores alunos do curso. Os restantes 50% procuram cursos com uma maior ligação às engenharias mais tradicionais. Só um número residual de diplomados ingressa diretamente no mercado de trabalho.

Optamos assim por desenhar um curso que aumenta significativamente a diversidade de opções possível para a formação profissional de um diplomado de Engenharia Física Tecnológica. O curso privilegia uma formação multidisciplinar e personalizada onde os alunos adquirem competências em outras áreas do conhecimento, nomeadamente humanidades, artes e ciências sociais. A formação do aluno faz-se através da realização de projetos em ambientes colaborativos, promovendo o desenvolvimento de várias competências: trabalho em equipa, responsabilidade, organização, raciocínio autónomo, pensamento crítico, fundamentação e comunicação eficaz de suas ideias e procura de soluções criativas. Estas são algumas das ferramentas fundamentais para uma abordagem disruptiva dos problemas em ciência, engenharia e tecnologia.

Assim, o curso dá a possibilidade ao aluno de escolher o seu próprio percurso académico, mas garantindo sempre uma formação sólida e de elevada qualidade seja qual for esse percurso. A formação do aluno está assim estruturada em duas vertentes: formação estruturante – um conjunto de UCs obrigatórias em física, matemática, computação e engenharia onde os alunos adquirem uma formação básica em física e engenharia; e formação opcional – um conjunto de UCs optativas de especialidade em física, engenharia e outras áreas de formação do Técnico, onde cada aluno pode personalizar a sua formação. No plano curricular do curso os alunos têm 15 ECTS onde podem escolher quaisquer UCs do IST, e mais um grupo de UCs obrigatórias e optativas oferecidas por 7 departamentos do IST. Além disso, no último ano do curso, continuam a sua formação opcional através de um projeto (Projeto Integrador de 1º ciclo) que é feito num ambiente de trabalho profissional, como uma unidade investigação ou uma empresa. O aluno pode assim definir o seu percurso curricular único, de forma a preparar o melhor possível a sua futura formação ao nível do 2º ciclo. As competências adquiridas neste 1º ciclo de estudos facilitam a mobilidade do licenciado para outros mestrados no IST ou universidade nacionais e estrangeiras.

12.5. Conclusions:

LEFT graduates have, in recent years, followed courses with increased diversity in line with international trends in the best engineering schools, in response to a world where complexity and uncertainty emerge with great strength. Currently LEFT graduates follow very different job paths. Nearly two-thirds choose to continue to the 2nd cycle. Of the remaining third of the students, 50% drop out of the course to pursue training in the best international schools. This percentage usually corresponds to the best students in the course. The remaining 50% are looking for courses with a greater connection to more traditional engineering. Only a residual number of graduates enter the labour market directly.

We, therefore, chose to design a new course that significantly increases the diversity of options possible for the professional training of an Engineering Physics graduate. The course favours multidisciplinary and personalized training where students acquire skills in other areas of knowledge, namely humanities, arts and social sciences. The preparation of the student is done through the realization of projects in collaborative environments, promoting the development of various skills: teamwork, responsibility, organization, autonomous reasoning, critical thinking, reasoning and effective communication of their ideas and search for creative solutions. These are some of the fundamental tools for a disruptive approach to problems in science, engineering and technology.

Thus, the course gives the student the possibility to choose their academic path, but always guaranteeing a robust and high-quality training whatever that path maybe. The training of the student is thus structured in two ways: fundamental skills - a set of compulsory UCs in physics, mathematics, computing and engineering where students acquire basic training in physics and engineering. And optional skills - a set of optional UCs specializing in physics, engineering and other areas of Técnico training, where each student can personalize their skills and competences. In the curricular plan

of the course, students have 15 ECTS where they can choose any UCs from IST, plus a group of mandatory and optional UCs offered by seven departments of IST. Besides, in the last year of the course, they continue their optional training through a project (1st cycle Integrator Project) which is done in a professional work environment, such as a research unit or a company. The student can thus define his/her unique curricular path, to prepare his/her future training in the 2nd cycle as best as possible. The skills acquired in this 1st cycle of studies facilitate the mobility of the graduate to other master's degrees at IST or degrees' in other national and foreign universities.