

# NCE/19/1901058 — 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 de Materiais*

1.3. Study programme:  
*Materials Engineering*

1.4. Grau:  
*Licenciado*

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:  
*Engenharia de Materiais*

1.5. Main scientific area of the study programme:  
*Materials Engineering*

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):  
*543*

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:  
*529*

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:  
*549*

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:**

45

**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 Examinations:****- Mathematics A + Physics and Chemistry****Minimum Grades:****- Minimum grade of 100 in each entrance examination (national examination 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 Examinations (EE).****Formula for calculating the Application Grade:  $AG = MS \times 50\% + EE \times 50\%$  (that is, the arithmetic average of the final classification of Secondary Education and the classification of the Entrance Examinations).****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 - Campus Alameda****1.12. Premises where the study programme will be lectured:****IST - Alameda Campus****1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):****[1.13.\\_Desp n.º 6604-2018, 5 jul\\_RegCreditaçãoExpProfissional.pdf](#)****1.14. Observações:****NA****1.14. Observations:****NA****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\\_LEngMateriais.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\\_LEngMateriais.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 114-2020 \\_ Cr \\_Lic\\_Engª Materiais.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.\\_LEMat\\_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 Engenharia de Materiais tem como principal objetivo a obtenção de produtos a partir de materiais, incluindo a conceção e projeto. A Ciência e a Engenharia de Materiais estudam os materiais naturais e artificiais, desde a sua síntese/processamento, propriedades, caracterização e desenvolvimento para as mais variadas aplicações. A Ciência de Materiais visa o conhecimento das relações entre composição química, estrutura, propriedades e processamento dos materiais, enquanto que a Engenharia de Materiais foca a aplicação desses conhecimentos ao desenvolvimento de produtos. O objetivo da Licenciatura (1º ciclo) em Engenharia de Materiais (LEMat) é o conhecimento básico de Ciência de Materiais. Pretende-se formar licenciados com um perfil de espectro largo de conhecimentos, permitindo um ingresso fácil no Mestrado em Engenharia de Materiais ou em cursos afins, no país ou no estrangeiro, e o*

**acompanhamento da evolução dos conhecimentos e das tecnologias ao longo da sua vida profissional.**

**3.1. The study programme's generic objectives:**

*Materials Engineering aims to obtain products from materials, including design and project. Materials Science and Engineering study natural and man-made materials, from their synthesis/processing, properties, characterization and development for a wide diversity of applications. Materials Science aims at understanding the relationships between chemical composition, structure, properties and processing of materials, while Materials Engineering focuses on the application of this knowledge to product development. The main purpose of the Degree (1st Cycle) in Materials Engineering (LEMat) is the basic knowledge of Materials Science. It is intended to train graduates with a broad spectrum of knowledge profile, allowing an easy entry into the Master (2nd Cycle) in Materials Engineering or related courses, in this country or abroad, and to monitor the evolution of knowledge and technologies throughout their professional life.*

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

*O conhecimento básico de Ciência de Materiais terá de ser suportado por uma sólida formação em ciências fundamentais (matemática, física, química), ciências de engenharia (termodinâmica, fenómenos de transporte, desenho e modelação geométrica, computação e outras) e gestão. O plano de estudo da LEMat caracteriza-se pela introdução desde o 1º ano de unidades curriculares (UCs) de Ciência e Engenharia de Materiais. A primeira tem como objectivo apresentar ao aluno as funções, papel e importância do engenheiro de materiais na indústria e na sociedade. Segue-se um conjunto de UCs que cobrem os fundamentos da Ciência de Materiais associados aos vários tipos de materiais (metais, cerâmicos, polímeros e compósitos). Incluem-se ainda UCs que visam conferir competências específicas na caracterização de materiais (composição química, estrutura, propriedades). Este plano curricular fornece ao estudante um sólido conhecimento nestas temáticas, tanto do ponto de vista teórico como experimental.*

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

*Basic knowledge of Materials Science must be supported by a solid background in fundamental sciences (mathematics, physics, chemistry), engineering sciences (thermodynamics, transport phenomena, geometric design and modeling, computation) and management. LEMat's syllabus is characterized by the introduction from the 1st year of curricular units (UCs) in Materials Science and Engineering Materials. The first of them aims to introduce the student to the function, role and importance of the materials engineer in industry and society. This is followed by a set of UCs that cover the fundamentals of Materials Science associated with the different types of materials (metals, ceramics, polymers and composites). Also included are UCs that aim to provide specific competences on materials characterization (chemical composition, structure, properties). The curricular plan provides the student with a solid knowledge of these themes, both theoretically and experimentally.*

**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 prospectiva 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.*

*A Licenciatura em Engenharia de Materiais (LEMat) contribuirá para o cumprimento da missão do IST e dos objetivos enunciados:*

- proporcionará formação de elevada qualidade
- promoverá a ligação entre a universidade e o setor produtivo e a transferência de tecnologia, aplicando os resultados da investigação científica na inovação dos setores empresarial e público.

*O ensino da LEMat será orientado para o desenvolvimento da criatividade do aluno, estimulando-o a pesquisar, cooperar, escrever, expor e a cultivar uma cultura de excelência. Esta vertente das aplicações tornará a LEMat particularmente vocacionada para a cooperação com empresas em segmentos de mercado muito diversos. Esta LEMat é um curso de Engenharia com carácter fortemente interdisciplinar (ao cruzar as áreas de Química e Mecânica), fazendo com que os licenciados consigam responder às mais variadas solicitações.*

**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:**

*As laid down in n° 1 of Article 3 of IST statutes, adopted by Order 12255/2013 published in the Official Journal of*

**25. September. 2013, "As an institution that aspires to be prospective in Higher Education, the mission of IST shall be to ensure constant innovation and consistent progress of the knowledge-based society, culture, science and technology within a framework of humanistic values."**

**As laid down in nº 2 of the same article, in fulfilling its mission, IST shall:**

- **favour scientific research, instruction, with emphasis on post-graduate education and lifelong learning and technological development;**
- **promote the dissemination of culture and the social and economic valorization of scientific and technological knowledge;**
- **seek to contribute to the competitiveness of the Portuguese economy through technological transfer, innovation and furtherance of entrepreneurship;**
- **enforce social responsibility when providing its scientific and technical services and supporting the integration of its graduates in the labour market and their constant training.**

**IST is actively involved in several international networks and programs related to students' mobility, for graduate and post-graduate students.**

**This course (LEMat) shall contribute to the fulfillment of IST mission and the set out objectives:**

- **shall provide high quality training;**
- **shall promote the connection between the university and the productive sector and the technology transfer, applying the results of scientific research in innovation of the public and private sectors.**

**The teaching of LEMat shall be oriented towards the development of the students' creativity and to encourage them to research, cooperate, write, present and cultivate the excellence. This aspect in the context of the applications shall make LEMat particularly oriented towards the cooperation with companies, in very diverse market segments.**

**This course, LEMat, is an Engineering course with a strong interdisciplinary character (as it merges Chemistry and Mechanics) which enables the students to answer to different demands.**

## 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:

<sem resposta>

### 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
Engenharia e Gestão de Organizações / Engineering and Management of Organizations	EGO	3	0	

Mecânica Estrutural e Computacional / Structural and Computational Mechanics	MEC	6	0
Projecto Mecânico e Materiais em Engenharia / Mechanical Design and Engineering Materials	PMME	24	0
Ciências de Engenharia Química / Chemical Engineering Sciences	CEQ	24	0
Engenharia de Processos e Projecto / Processes and Project Engineering	EPP	6	0
Química-Física, Materiais e Nanociências/ Physical Chemistry, Materials and Nanosciences	QFMN	45	0
Síntese, Estrutura Molecular e Análise Química / Synthesis, Molecular Structure and Chemical Analysis	SEMAQ	6	0
Físicas e Tecnologias Básicas / Basic Physics and Technologies	FBas	12	0
Análise Numérica e Análise Aplicada / Numerical Analysis and Applied Analysis	ANAA	6	0
Lógica e Computação / Logic and Computing	LogComp	6	0
Matemáticas Gerais / General Mathematics	MatGer	24	0
Probabilidades e Estatística / Probability and Statistics	PE	6	0
Humanidades, Artes e Ciências Sociais / Humanity, Arts and Social Sciences	HACS	6	0
Todas as Áreas Científicas de Engenharia de Materiais/All Scientific Areas of Materials Engineering	ACEMat	6	0
<b>(14 Items)</b>		<b>180</b>	<b>0</b>

### 4.3 Plano de estudos

#### Mapa III - NA - 1º ano / 1º semestre - 1st year / 1st semester

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

NA

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

NA

##### 4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano / 1º semestre - 1st year / 1st semester

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Álgebra Linear / Linear Algebra	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	
Cálculo Diferencial e Integral I / Differential and Integral Calculus I	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	
Desenho e Modelação Geométrica / Technical Drawing and Geometrical Modelling	PMME	Semestral	84	PL-28	3	
Introdução à Engenharia de Materiais / Introduction to Materials Engineering	CEQ	Semestral	168	TP-42; PL-14	6	
Química / Chemistry	QFMN	Semestral	168	T-28; TP-14; PL-14	6	
Seminários de Engenharia de Materiais / Seminars on Materials Engineering	PMME	Semestral	84	S-28	3	
<b>(6 Items)</b>						

**Mapa III - NA - 1º ano / 2º semestre - 1st year / 2nd semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

NA

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

NA

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

1º ano / 2º semestre - 1st year / 2nd semester

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral II / Differential and Integral Calculus II	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	
Computação e Programação / Computation and Programming	LogComp	Semestral	168	T-28; PL-28	6	
Estrutura dos Materiais / Structure of Materials	QFMN	Semestral	168	TP-56	6	
Fundamentos de Química Orgânica / Fundamentals of Organic Chemistry	SEMAQ	Semestral	168	TP-42; PL-14	6	
Mecânica e Ondas / Mechanics and Waves	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - NA - 2º ano / 1º semestre - 2nd year / 1st semester****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):**

NA

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

NA

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

2º ano / 1º semestre - 2nd year / 1st semester

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Cálculo Diferencial e Integral III / Differential and Integral Calculus III	MatGer	Semestral	168	TP-56	6	
Eletromagnetismo e Óptica / Electromagnetism and Optics	FBas	Semestral	168	T-28; TP-21	6	
Matemática Computacional / Computational Mathematics	ANAA	Semestral	168	TP-56	6	
Propriedades Físicas dos Materiais / Physical Properties of Materials	QFMN	Semestral	168	TP-56	6	
Termodinâmica Química Aplicada / Applied Chemical Thermodynamics	CEQ	Semestral	168	T-14; TP-42	6	

**(5 Items)**

**Mapa III - NA - 2º ano / 2º semestre - 2nd year / 2nd semester**

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

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

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
2º ano / 2º semestre - 2nd year / 2nd semester

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Comportamento Mecânico de Materiais I / Mechanical Behaviour of Materials I	MEC	Semestral	168	TP-56	6	
Fenómenos de Transporte / Transport Phenomena	CEQ	Semestral	168	T-21; TP-28; PL-7	6	
Probabilidade e Estatística / Probabilistic and Statistic	PE	Semestral	168	TP-56	6	
Técnicas de Difrração e Microscopia / Diffraction and Microscopy Techniques	QFMN	Semestral	168	TP-14; PL-42	6	
Transformações de Fase / Phase Transformations	QFMN	Semestral	168	TP-56	6	

(5 Items)

#### Mapa III - NA - 3º ano / 1º semestre - 3rd year / 1st semester

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

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

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
3º ano / 1º semestre - 3rd year / 1st semester

#### 4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Caracterização Espectroscópica e Análise Térmica / Spectroscopic Characterization and Thermal Analysis	QFMN	Semestral	168	TP-21; PL-28	6	
Comportamento Mecânico de Materiais II / Mechanical Behaviour of Materials II	PMME	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	
Gestão / Management	EGO	Semestral	84	T-14; TP-10,5	3	
Materiais Metálicos / Metallic Materials	PMME	Semestral	168	TP-42; PL-7	6	
Superfícies e Interfaces / Surfaces and Interfaces	QFMN	Semestral	84	TP-24,5	3	
Humanidades, Artes e Ciências Sociais I / Humanity, Arts and Social Sciences I	HACS	Semestral	84	na	3	UC a fixar anualmente pelos Órgãos competentes do IST
Humanidades, Artes e Ciências Sociais II / Humanity, Arts and Social Sciences II	HACS	Semestral	84	na	3	UC a fixar anualmente pelos Órgãos competentes do IST



(7 Items)

**Mapa III - NA - 3º ano / 2º semestre - 3rd year / 2nd semester**

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

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

**4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**  
**3º ano / 2º semestre - 3rd year / 2nd semester**

**4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Corrosão e Desgaste / Corrosion and Wear	CEQ	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	
Materiais Cerâmicos / Ceramic Materials	QFMN	Semestral	168	TP-35; PL-14	6	
Materiais Compósitos / Composite Materials	PMME	Semestral	84	TP-14; PL-10,5	3	
Materiais Poliméricos / Polymeric Materials	EPP	Semestral	168	TP-28; PL-21	6	
Materiais, Inovação e Sociedade (Pre-Major) / Materials, Innovation and Society (Pre-Major)	PMME	Semestral	84	S-24,5	3	
Projeto Integrador de 1º ciclo em Engenharia de Materiais / Integrated Project in Materials Engineering	ACEMat	Semestral	168	OT-14	6	

(6 Items)

**4.4. Unidades Curriculares****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 TP***

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist12881, Luís Manuel Gonçalves Barreira, 0h.***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***ist12848, João Paulo Fernandes Teixeira, 56h TP.***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 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:**
- \* *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 - Seminários de Engenharia de Materiais

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Seminários de Engenharia de Materiais*
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Seminars on Materials Engineering*
- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**  
*PMME*
- 4.4.1.3. Duração:**

**Semestral****4.4.1.4. Horas de trabalho:****84.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****S 28.0****4.4.1.6. ECTS:****3.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist30577, Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral, 28h S****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 UC tem dois objectivos principais:******- reforçar nos estudantes competências de gestão do tempo, trabalho em equipa e de comunicação (escrita e oral);  
- ajudar o aluno a compreender o que é a Engenharia de Materiais e as suas áreas de intervenção, qual a sua importância no desenvolvimento científico e tecnológico bem como o seu impacto socioeconómico. Destinase ainda dar a conhecer as funções que um Engenheiro de Materiais pode desempenhar, qual o seu papel numa empresa e num ambiente de trabalho.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****This UC has two main objectives:******- to develop in the students soft skills on time management, team work and communication skills (writing and presentation).  
- to help students to understand what is Materials Engineering and its areas of activity, what is its importance in scientific and technological development as well as its socioeconomic impact. It is also intended to illustrate the functions that a Materials Engineer can play, what is the role of a Materials Engineer in a company and in a working environment.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:*****O programa da disciplina desenvolve-se na forma de seminários. Os seminários de soft skills serão realizados por técnicos do NDA (Núcleo de Desenvolvimento Académico), enquanto que os seminários sobre a Engenharia de Materiais serão realizados por exalunos a desenvolver a sua atividade profissional em vários sectores.*****4.4.5. Syllabus:*****The course syllabus is developed in the form of seminars. The seminars about soft skills will be given by the staff of NDA (Academic Development Unit) and the motivation seminar will be given by former students developing their professional activity in various sectors.*****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:*****Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*****4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:*****Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning***

*outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*A avaliação será sob a forma de uma monografia escrita, a desenvolver durante o período lectivo, seguida da respectiva apresentação pública.*

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

*The evaluation will be in the form of a written monography (to be developed during the period of classes) followed by the respective public 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 seminários. 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 seminars, 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:**

*"Como fazer Investigação, Dissertações, Teses e Relatórios segundo Bolonha", Maria José Sousa e Cristina Sales Baptista., ----, ----; "Competências Pessoais e Sociais – Guia Prático para a Mudança Positiva", Anabela Maria Sousa Pereira, Manuel Jacinto Jardim, 2006, Edições Asa.; "Inteligência Social – A nova ciência das relações humanas", Daniel Goleman, 2007, Círculo de Leitores; Especifica para cada aluno (Specific for each student), ----, ----, ----*

**Mapa IV - Fundamentos de Química Orgânica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fundamentos de Química Orgânica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Fundamentals of Organic Chemistry*

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

*SEMAQ*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP-42; PL-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12442 João Paulo Nunes Cabral Telo, TP - 28*

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

*ist12434, Luís Filipe Coelho Veiros, TP - 14; PL - 14*

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

*Proporcionar aos alunos uma visão dos conceitos fundamentais e da metodologia de base em Química Orgânica. Prever e utilizar tecnicamente as propriedades dos compostos orgânicos. Mostrar diferentes técnicas experimentais. Adquirir competências para a resolução de problemas que vão desde a identificação de compostos orgânicos, à síntese de novos materiais ou transformação dos já existentes. Permite-lhes também uma melhor compreensão da síntese de materiais e fenómenos ambientais e biológicos ao nível molecular.*

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

*Providing students with an insight into the fundamental concepts and basic methodology in Organic Chemistry. Predicting and technically using the properties of organic compounds. Showing different experimental techniques. Acquiring skills to solve problems ranging from the identification of organic compounds, the synthesis of new materials or transformation of existing ones. It also gives them a better understanding of environmental, materials synthesis and biological phenomena at the molecular level.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Nomenclatura e Grupos funcionais. Estrutura eletrónica e molecular. Ressonância. Propriedades físicas. Reações orgânicas, reações ácido-base. Estereoquímica. Reações de substituição nucleófila e de eliminação. Halogenação de alcanos. Reatividade de ligações pi. Hidrocarbonetos aromáticos. Compostos de carbonilo. Aplicações e exemplos aplicados às diferentes Engenharias.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Nomenclature and Functional Groups. Electronic and molecular structure. Resonance. Physical properties. Organic reactions, acid-base reactions. Stereochemistry. Nucleophilic substitution and elimination reactions. Halogenation of alkanes. Pi bond reactivity. Aromatic hydrocarbons. Carbonyl compounds. Applications and examples to different Engineering courses.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, pode facilmente constatar-se que todos os pontos dos conteúdos programáticos acima descritos visam dotar os alunos dos conhecimentos e competências necessários ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos. São fornecidos os conceitos fundamentais de Química Orgânica, numa abordagem gradual que leva os estudantes a compreender a reatividade dos principais tipos de compostos orgânicos e a utilizar essa compreensão na resolução de problemas.*

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

*Considering the learning objectives of the course, one can easily recognize that all topics of the Syllabus described above aim to equip the students with the knowledge and skills required to accomplish those aims. The essential Organic Chemistry concepts are gradually introduced, guiding the students to understand the reactivity of the major classes of organic compounds and to use that understanding in problem solving.*

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

*A metodologia de ensino baseia-se na transferência de conceitos teóricos e práticos. Utiliza-se um modelo de aulas teóricas, essencialmente expositivas, intercaladas com sessões de resolução de problemas e aulas laboratoriais que acompanham a introdução dos princípios teóricos. É também dada atenção à utilização de ferramentas informáticas para observação de estruturas (2D e 3D) e para apoio na aprendizagem dos conceitos básicos de nomenclatura de compostos orgânicos (ChemDraw).*

*O modelo de avaliação incorpora elementos de avaliação contínua no âmbito da aprendizagem activa (trabalhos laboratoriais, minitests, trabalhos de casa), compatível com uma redução significativa do peso da avaliação por exame (≤50%).*

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

*The teaching methodology involves the transfer of concepts and problem solving. The model uses lectures, intertwined with problem solving sessions and laboratory classes that follow the introduction of the theoretical principles. Emphasis is also placed in the use of software tools for structure visualization (2D and 3D) and to support learning of the basic principles of organic compound nomenclature (ChemDraw).*

*The evaluation model includes elements of continuous evaluation to encourage active learning (laboratory reports, miniquizzes, homework), which are compatible with a significant reduction in the contribution of the final exam*

*evaluation (≤50%).*

**4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A abordagem utilizada permite cumprir os objectivos, intercalando a exposição da matéria de forma sistemática com uma aprendizagem activa que envolve a resolução de problemas, a realização de trabalhos laboratoriais e a utilização de ferramentas informáticas. É preocupação fundamental estimular o interesse dos alunos pelos temas tratados, evidenciando sempre que possível a sua interligação e fomentando a discussão.*

**4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology used in the course allows attaining the teaching goals by intertwining lectures, in which the topics are presented in a systematic manner, with active learning approaches that involve problem solving, laboratory sessions and the use of software tools. One major goal is to stimulate the interest of the students for the subject, stressing the connection between topics and stimulating discussion.*

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

*Química Orgânica, vol.1, Pedro Paulo Santos, 2011, ISBN: 978-989-8481-11-5, IST Press;*

*Química Orgânica, vol.2, Pedro Paulo Santos, 2013, ISBN: 978-989-8481-25-2, IST Press;*

*Exercícios de Química Orgânica, Pedro Paulo Santos, Dulce Simão, João Paulo Telo, 2015, ISBN: 978-989-8481-44-3, IST Press;*

*100 Experiências de química orgânica, C. Afonso, D. Simão, L. Ferreira, M. Serra, M. Raposo, 2011, ISBN: 978-989-8-481-09-2, ISTPress*

#### **Mapa IV - Fenómenos de Transporte**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Fenómenos de Transporte*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Transport Phenomena*

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

*CEQ*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*T-21; TP-28; PL-7*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist13181, Vítor Manuel Geraldes Fernandes, 14h T + 28h TP + 7h L*

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

*ist12144, Alda Simões, 7h T*

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

**Domínio das leis fundamentais do escoamento de fluidos, da condução térmica e do transporte difusional de massa. Conhecimento das leis de arrefecimento e dos coeficientes de transporte de calor e de massa em interfaces e da variação de parcelas de energia num escoamento com e sem perda de carga.**  
**No final do curso, os alunos adquirem habilidades de determinar: - a taxa de transferência de calor através de paredes simples e compostas, com e sem geração de calor; - a variação da temperatura em estado estacionário e em estado transitório, incluindo mudança de estado; - a taxa de transporte de massa por difusão e por convecção, em estado estacionário e em estado transitório; - aplicar modelos matemáticos ao transporte de quantidade de movimento, calor e massa em problemas de Engenharia.**

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

**Knowledge of the fundamentals of fluid flow, thermal conduction and mass diffusion. Knowledge of the laws for cooling and coefficients for heat convection and mass transfer across interfaces and variation of energy forms in fluid flow, with and without friction.**  
**At the end of the course the students shall be able to determine: - the rate of heat transport across walls in series, including heat generation; - the heat transferred by radiation in simple geometries; - the temperature distribution in steady state and in transient state, including transition of physical state; - the mass transport rate by combined diffusion and convection, in steady state and in transient state; and to apply mathematical models to the transport of momentum, heat and mass in Engineering problems.**

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

**DINÂMICA DOS FLUIDOS. Propriedades viscosas dos fluidos; Regimes de escoamento e número de Reynolds. Balanços macroscópicos à massa e à quantidade do movimento; Aplicações de balanços de energia ao escoamento de fluidos; escoamento ideal e perda de carga em escoamentos reais. Fluidos não-newtonianos.**  
**TRANSPORTE DE CALOR. Mecanismos de transporte de calor; Lei de Fourier e condutibilidade térmica; Condução através de paredes em série; Condução em estado estacionário; convecção natural; convecção forçada em tubos; Permutadores de calor; Transporte de calor em estado transitório; Correlações para coeficientes de transferência de calor.**  
**TRANSPORTE DE MASSA. Lei de Fick e difusividade; Difusão em gases, em líquidos e em sólidos; Soluções numéricas para a difusão bidimensional. Transporte de massa em estado transitório. Transporte convectivo e com reacção química. Numeros adimensionais para transporte de massa. Analogias entre transporte de massa, calor e quantidade de movimento.**

**4.4.5. Syllabus:**

**FLUID DYNAMICS.**  
**Viscous properties of fluids; Types of flow and Reynolds number. Overall and shell balances to mass, and momentum. Energy balance to fluid flow; ideal flow and head loss in friction flow. Dimensional analysis.**  
**HEAT TRANSFER.**  
**Mechanisms of heat transport; Fourier's law and thermal conductivity; conduction through walls in series; conduction in steady state; natural convection and forced convection in tubes; heat exchangers; heat transport in transient state; empirical correlations for heat transfer.**  
**MASS TRANSFER.**  
**Fick's law and diffusivity; diffusion in gases, liquids and solids; numerical solutions for two-dimensional diffusion. Mass transport in transient state. Convective mass transfer and transfer with chemical reaction. Dimensionless numbers for mass transfer. Analogies among mass, heat and momentum transfer.**

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

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

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

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

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

**Exame: 50%;**  
**Laboratório e respectivos relatórios: 15%;**  
**Mini-testes: 25%;**  
**Trabalho de simulação numérica de transferência de calor: 10%**



**Laboratórios: com relatório no final da sessão ou com prazo a definir**

**Mini-testes: durante as aulas.**

**Exame a realizar no final do período.**

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

**Exam: 50%;**

**Laboratory including reports: 15%;**

**Mini-tests: 25%**

**Work of numerical simulation of heat transfer: 10%**

**Laboratory: short reports should be handed within a pre-defined deadline.**

**Mini-tests: in class.**

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

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

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

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

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

**- Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer. 5th ed. , Welty, James, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, and Gregory L. Rorrer, John Wiley and Sons Inc. NY,**

**- C. Geankoplis, Transport Processes and Unit Operations, PTR Prentice Hall, Inc, New Jersey, 1993.**

**- D.R. Poirier, G.H. Geiger, Transport Phenomena in Materials Processing, 2016, Warrendale, PA, USA**

**- Bird, R. B., & Stewart, W. E. E and Lightfoot, EN (2002). Transport Phenomena (Second Edition). John Wiley and Sons**

**Mapa IV - Corrosão e Desgaste**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

**Corrosão e Desgaste**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

**Corrosion and Wear**

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

**CEQ**

**4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

**168.0**

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

**49.0 (35 TP + 14 PL)**

**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):**

*ist13287, Maria Amélia Martins Almeida, 17,5TP+7PL*

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

*ist12575, João Carlos Salvador Santos Fernandes, 17,5TP + 7 PL*

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

*Pretende-se que o aluno saiba identificar os principais mecanismos de degradação química (corrosão) e mecânica (desgaste) de materiais. O aluno deverá conhecer e compreender os métodos a utilizar para a caracterização topográfica de superfícies; os factores que afectam o contacto entre superfícies e a sua determinação; identificar regimes e mecanismos de desgaste e corrosão por análise das condições a que o componente está submetido e por observação da superfície deteriorada; efetuar previsões do tempo de vida útil de um componente sujeito a corrosão e/ou desgaste e saber como atuar para minimizar a deterioração e selecionar soluções de protecção (excluindo revestimentos).*

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

*The student should know how to identify the main mechanisms of chemical (corrosion) and mechanical degradation (wear) of materials. The student should know and understand the methods to be used for the topographic characterization of surfaces; the factors that affect the contact between surfaces and their determination; identify regimes and mechanisms of wear and corrosion by analyzing the conditions to which the component is subjected and by observation of the deteriorated surface; make predictions of the useful life of a component subject to corrosion and / or wear and know how to act to minimize the deterioration and select protection solutions (excluding coatings).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Degradação de materiais. Importância social e económica.*

*Corrosão. Electroquímica da Corrosão. Termodinâmica e Cinética. Passivação. Tipos de corrosão: uniforme; por picadas; em fendas; filiforme; galvânica; seletiva; intergranular; biológica; sob tensão, fragilização pelo hidrogénio, sob fadiga, com vibração, corrosão-erosão, cavitação; em cerâmicos e polímeros. Corrosão atmosférica, marinha, no betão, em ambiente oil & gas. Protecção: seleção de materiais e projeto; inibidores de corrosão; protecção catódica e anódica.*

*Desgaste. Superfícies de sólidos. Rugosidade: parâmetros, métodos de medida. Mecânica do contacto. Contacto singular e múltiplo: áreas nominal e real, modelo de Greenwood e Williamson, índice de plasticidade. Atrito. Leis. Coeficiente de atrito. Lubrificação. Lubrificantes sólidos. Desgaste por deslizamento: lei de Archard, mecanismos, mapas de desgaste. Desgaste abrasivo: eq. de Rabinowicz, mecanismos. Desgaste triboquímico. Erosão. Fadiga de superfície. Aplicações.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Degradation of materials. Social and economic importance.*

*Corrosion. Corrosion Electrochemistry. Thermodynamics and Kinetics. Passivation. Corrosion types: uniform; pitting, crevice; crevice; filiform; galvanic; selective; intergranular; biological; stress corrosion, hydrogen embrittlement, under fatigue, with vibration, corrosion-erosion, cavitation; in ceramics and polymers. Atmospheric and marine corrosion, in concrete and in oil & gas environment. Protection: materials selection and design; corrosion inhibitors; cathodic and anodic protection.*

*Wear. Solid surfaces. Roughness: parameters, measuring methods. Contact mechanics. Single and multiple asperity contact: nominal and real contact areas, Greenwood and Williamson's model, plasticity index. Friction. Laws.*

*Coefficient of friction. Lubrication. Solid lubricants. Sliding wear: Archard's law, mechanisms, wear maps. Abrasive wear: Rabinowicz's equation, mechanisms. Tribochemical wear. Erosion. Surface fatigue. Applications.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 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 see that all the points 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):**

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos em aulas teórico-práticas que incluirão a resolução de problemas de aplicação prática e na realização de trabalhos experimentais em laboratório.*

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada na abordagem de problemas reais, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo, o desenvolvimento de competências transversais e a responsabilização do estudante.**

**O modelo de avaliação inclui uma forte componente de avaliação contínua (50%) no âmbito da aprendizagem ativa (trabalhos práticos com realização de relatórios, apresentação oral e discussão) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exame final (50%).**

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

**The teaching methodology will be based on the transfer of concepts in theoretical-practical classes that will include solving practical problems and carrying out experimental work in the laboratory.**

**The teaching methodologies intend to promote learning based on the analysis of real problems, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work, the development of the student's transversal skills and his responsibility.**

**The assessment model includes a strong component of continuous assessment (50%) in the context of active learning (practical work with reporting, oral presentation and discussion), compatible with the significant reduction in the weight of the assessment by 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 e práticos através da utilização intensiva da análise, resolução e desenvolvimento de trabalhos práticos de aplicação. 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. Esta abordagem permitirá também 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 analysis, resolution and development of practical application work. Teaching methods have been designed so that students can develop comprehensive knowledge, ensuring compliance with the objectives of the course. This approach will also allow leveling the knowledge of students with different backgrounds.**

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

**Princípios da Corrosão Electroquímica, Mário G.S. Ferreira, 1998, IST**

**Principles and Prevention of Corrosion, D.A. Jones, 2nd Edition 1996, Prentice Hall, NJ**

**Corrosion Engineering, M.G. Fontana, 3rd edition 1987, McGraw-Hill Book Company**

**Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, I. Hutchings, P. Shipway, 2nd edition 2017, Butterworth-Heinemann**

**Introduction to Tribology, B. Bushan, 2nd Edition 2013, John Wiley and Sons**

### **Mapa IV - Materiais Metálicos**

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

**Materiais Metálicos**

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

**Metallic Materials**

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

**PMME**

#### **4.4.1.3. Duração:**

**Semestral**

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

**168.0**

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

**49.0 (TP-42; PL-7)**

#### **4.4.1.6. ECTS:**

6.0

4.4.1.7. Observações:

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist12080, Alberto Eduardo Morão Cabral Ferro, 42h TP + 7h L*

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):

*Estudar e estabelecer relações entre o processamento, a estrutura, as propriedades e o desempenho das diferentes ligas metálicas.*

*O aluno deverá adquirir capacidade para:*

- 1- identificar as áreas de intervenção das diferentes ligas metálicas e o seu potencial;*
- 2- conhecer as principais famílias de aços e alumínio e as suas propriedades;*
- 3- determinar experimentalmente as propriedades de ligas metálicas;*
- 4- projectar tratamentos térmicos e seleccionar equipamentos;*
- 5- definir tecnologias adequadas ao fabrico de componentes metálicos;*
- 6- seleccionar aços, ferros fundidos, ligas de alumínio, cobre, titânio e superligas para aplicações estruturais e funcionais.*
- 7- elaborar estudos sobre temas específicos na área dos materiais metálicos.*

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

*To study and outline relations between processing, structure and properties and behaviour of the different metallic alloys.*

*Students should acquire ability to:*

- 1- identify interventions areas for the different metallic alloys and their potential;*
- 2- recognise the main steel and aluminium alloy families and their properties;*
- 3- experimentally determine the properties of metallic alloys;*
- 4- design heat treatments and select equipment;*
- 5- define suitable technologies for the production of metallic components;*
- 6- select steels, cast irons, aluminium, copper and titanium alloys, and superalloys for structural and functional applications;*
- 7- carry out studies on specific subjects in the area of metallic materials.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*1. Introdução.*

*Tecnologias e componentes metálicos. Casos de estudo. Estudo de peças metálicas.*

*2. Elaboração de metais*

*Princípios gerais. Estudo comparado da elaboração do aço, alumínio e titânio.*

*3. Sistemas metálicos*

*Aços e ferros fundidos. Aços inoxidáveis.*

*Alumínios. Diagramas típicos. Esquemas de precipitação. Tipos de ligas.*

*Ligas de titânio. Diagramas típicos. Tipos de ligas.*

*Ligas de cobre. Principais sistemas e diagramas. Tipos de ligas e aplicações.*

*Superligas.*

*4. Tratamentos térmicos de peças metálicas*

*Tratamentos térmicos, de superfície, termoquímicos e termomecânicos. Processos de aquecimento e arrefecimento.*

*Atmosferas. Equipamentos industriais.*

*Aplicação ao estudo de: recozimento; austenitização, têmpera e revenido de aços; tratamentos térmicos e*

*termoquímicos de superfície de aços; envelhecimento de alumínio; têmpera e envelhecimento de ligas de titânio;*

*tratamentos de superligas.*

4.4.5. Syllabus:

*1. Introduction.*

*Technologies and metallic components. Case studies. Study of metallic components*

**2. Production of metals.**

*General principles. Comparative study of steel, aluminium and titanium production.*

**3. Reference metallic systems.**

*Steel and cast irons. Stainless steels.*

*Aluminium alloys. Typical diagrams. Precipitation schemes. Alloy types.*

*Titanium alloys. Typical diagrams. Alloy types.*

*Copper alloys. Main systems and diagrams. Alloy types and applications.*

*Superalloys.*

**4. Heat treatment of metallic components**

*Volume, surface, thermochemical and thermomechanical heat treatments. Heating and cooling processes.*

*Atmospheres. Industrial equipment and installations.*

*Application to the study of: annealing; austenitizing, quenching and tempering of steels; Thermal and thermochemical surface heat treatments of steels; aluminium aging; quenching and tempering of titanium alloys; heat treatment of superalloys.*

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

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

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

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

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

*A avaliação compreende um exame (40%) e uma componente de avaliação contínua a realizar em grupos (60%).*

*A componente de avaliação contínua inclui a avaliação do Projecto Laboratorial (40%), a realizar ao longo de todo o semestre, com grande autonomia e em regime de laboratório aberto e a avaliação de dois seminários relativos a:*

*Seminário 1 – Apresentação de um componente metálico (10%)*

*Seminário 2 - Materiais metálicos para aplicações funcionais (subtemas dentro das seguintes temáticas: materiais magnéticos; materiais para condensadores; materiais para dissipadores e permutadores calor; condutores eléctricos e biomateriais) ou Sistemas metálicos (subtemas dentro das seguintes temáticas: vidros metálicos; ligas de elevada entropia; ligas com memória de forma; soldas para electrónica; ligas de Magnésio; ligas de tungsténio; outros sistemas) (10%)*

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

*Grading includes an exam (40%) and a continuous grading component organized in groups(60%).*

*The continuous grading component includes a Laboratory Project (40%), to be carried out during the full semester, with large autonomy and using the open laboratory methodology, and two seminars on:*

*Seminar 1 - Presentation of a metallic component (10%);*

*Seminar 2 – Metallic materials for functional applications (thematic subjects: magnetic materials; capacitor materials; materials for thermal management applications; electrical conductors and bio-materials) or metallic systems (thematic subjects: metallic glasses; high entropy alloys; shape memory alloys; electronic solders; magnesium alloys; tungsten alloys; other systems).*

**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 supervisão do trabalho autónomo dos alunos, na transferência de conceitos teóricos e práticos fundamentais apoiados pelo estudo de casos e trabalhos laboratoriais. Esta abordagem permitirá cumprir os objectivos desta unidade curricular, potenciar o desenvolvimento dos alunos e a sua capacidade de realizar estudos sobre o tema com autonomia. Permitirá ainda que estudantes com diferentes proveniências e formações atinjam o nível de competências e conhecimentos previstos para a unidade curricular.*

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

*The teaching methodology is based on the supervision of the autonomous work of the students. It's also based on the transfer of main theoretical and practical concepts supported by case studies and laboratory work. This approach will allow the fulfillment of the curricular unit objectives, to enhance the development of the students and its ability to carry out autonomous studies on the subject. Further, it will allow students with different backgrounds and formations to attain the competence level and knowledge expected for this curricular unity.*

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

*"Steels - Processing, Structure, and Performance", George Krauss, 2015, ASM International, Materials Park, Ohio, 2nd*

*edition;*

*"Light Alloys - Metallurgy of the Light Metals", Ian Polmear, David StJohn, Jian-Feng Nie, Ma Qian, 2017, Butterworth-Heinemann, Oxford, 5th edition;*

*"ASM Handbook, Volume 1A: Cast Iron Science and Technology", Editor: Doru M. Stefanescu, 2017, ASM International, Materials Park Ohio, 1th edition;*

*"Steels: Microstructure and Properties", H. Bhadeshia, R. Honeycombe, 2017, Butterworth-Heinemann, Oxford, 4th edition;*

*"Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys", Charlie R. Brooks, 1982, ASM International, Materials Park, Ohio.*

#### Mapa IV - Técnicas de Difracção e Microscopia

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

*Técnicas de Difracção e Microscopia*

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

*Diffraction and Microscopy Techniques*

##### 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:

*TP-14; PL-42*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6.0*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*ist13287, Maria Amélia Martins de Almeida, 3,5h TP + 10,5h PL*

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

*ist12589, Luís Filipe Silva Santos, 3,5h TP + 10,5h PL*

*ist12604, José Carlos Garcia Pereira, 3,5h TP + 10,5h PL*

*ist11992, Maria Teresa Nogueira Leal da Silva Duarte, 3,5h TP + 10,5h PL*

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

*Pretende-se que o aluno adquira conhecimentos teóricos e práticos sobre métodos de caracterização de materiais, mais concretamente, a análise estrutural de materiais por difracção de raios-X, microscopias ópticas, microscopias electrónicas e microscopias de sonda.*

*Deverá ainda adquirir experiência de trabalho laboratorial segundo as bases do método científico: a formulação do problema, a pesquisa de fundamentos, formulação de hipóteses explicativas, a experimentação, a análise dos dados experimentais e a interpretação e comunicação dos resultados e conclusões.*

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

*It is intended that the student acquires theoretical and practical knowledge on methods of materials characterization,*

*more specifically, on the structural analysis of materials by X-ray diffraction, optical microscopies, electron microscopies and scanning probe microscopies.*

*The student should also acquire laboratory experience according to the scientific method: problem formulation, research of fundamentals, formulation of hypotheses, experimentation, analysis of experimental data, interpretation and communication of results and conclusions.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Métodos de análise microestrutural de materiais. Preparação de amostras. Amostragem. Corte, montagem, desbaste, polimento, contrastação.*

*Difração de raios-x. Produção e características da radiação. Métodos de difracção de raios X. Constituição e funcionamento dos difractómetros. Indexação de difractogramas. Determinação de parâmetros de rede. Análise quantitativa de sistemas multifásicos.*

*Microscopia óptica e electrónica. Microscopias ópticas. Princípios. Constituição. Técnicas de microscopia. Aquisição, processamento e análise quantitativa de imagem. Microscopia electrónica de varrimento: Princípios. Constituição e funcionamento do microscópio. Modos de imagem. Preparação de amostras. Microanálise. EBSD. Microscopia electrónica de transmissão: Princípios. Constituição e funcionamento do microscópio. Modos de imagem. Preparação de amostras. Difração de electrões.*

*Microscopias de sonda. Princípios. Constituição e funcionamento dos microscópios. Técnicas. Microscopia de força atómica.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Methods of materials microstructural analysis. Sample preparation methodology. Sampling, cutting, mounting, grinding, polishing, etching.*

*X-ray diffraction. Production and radiation characteristics. Diffraction methods. Constitution and operation of diffractometers. Indexing diffractograms. Determining lattice parameters. Quantitative analysis of multiphase systems. Optical microscopy and electron microscopy. Optical microscopies: Principles. Constitution of the microscopes. Microscopy techniques. Image acquisition, processing and quantitative analysis.*

*Scanning electron microscopy: Principles. Constitution and operation of the microscope. Topographic imaging, chemical contrast imaging. Sample preparation. Chemical microanalysis. EBSD.*

*Transmission electron microscopy: Principles. Constitution of the microscope. Imaging modes. Sample preparation. Electron diffraction.*

*Scanning probe microscopy. Principles. Constitution and operation of microscopes. Techniques. Atomic force microscopy.*

#### 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:

*Given the learning objectives of the UC, described in 4, any specialist in the subject will be able to verify that all the points 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):

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos em aulas teórico-práticas, que incluirão a aulas de demonstração e resolução de problemas, e na realização de trabalho experimental em laboratório sendo esta a componente dominante no ensino desta UC.*

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada na componente experimental em laboratório, 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 (50%) no âmbito da aprendizagem ativa (questionários ou mini-testes) compatível com a redução significativa do peso de avaliação final (50%) que será realizada na forma da apresentação e discussão de relatório do trabalho laboratorial efectuado.*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of concepts in theoretical-practical classes, which will include demonstration and problem solving activities, and in the development of laboratory experimental work, which will be the dominant component in the teaching of this UC.*

*The teaching methodologies aim to promote learning based on experimental work, reinforcing the practical component, active learning, autonomous work and student accountability.*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment (50%) in the context of active learning (questionnaires or mini-tests), compatible with the significant reduction in the weight of the final assessment (50%) that will be carried out in the form of the presentation and discussion of the report laboratory work performed.*

**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 trabalho prático laboratorial. Os métodos de ensino foram concebidos de modo a que os alunos possam desenvolver um conhecimento abrangente na caracterização de materiais utilizando diversas técnicas de difração e microscopia, 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 methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of demonstration classes and practical laboratory work. The teaching methods were designed so that students can develop a comprehensive knowledge of materials characterization using different diffraction and microscopy techniques, ensuring compliance with the objectives of the course.*

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

*Microstructural Characterization of Materials, 2nd Ed, D. Brandon, W.D. Kaplan, 2008, Wiley*  
*Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, 2nd ed, Y. Leng, 2013, Wiley VCH*  
*Metallography Principles and Practice, G. Van der Voort, 1999, ASM international*  
*Electron Microscopy and Analysis, P.J. Goodhew, J. Humphreys, R. Beanland, 3rd ed., 2000, CRC Press*  
*Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science, C.B. Carter, D.B. Williams, 2nd ed., 2009, Springer*  
*Structure of Materials: An Introduction to Crystallography, Diffraction and Symmetry, M. de Graef, M.E. McHenry, 2nd ed, 2012, Cambridge University Press*  
*Making Sense in Engineering and the Technical Sciences, A Student's Guide to Research and Writing, M. Northey, J. Jewinski, 5th ed, 2015, Oxford University*

#### 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:**

*TP 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 TP*



**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., Lopuhaä, H.P., Meester, L.E., 2005, Springer.***

**Mapa IV - Projeto Integrador de 1º Ciclo em Engenharia de Materiais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Projeto Integrador de 1º Ciclo em Engenharia de Materiais***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Integrated Project in Materials Engineering***

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

***ACEMat***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***OT 14.0***

**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):**

***ist11941, Maria Emília da Encarnação Rosa, 14h OT***

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

***Docentes a designar***

**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 duas modalidades: 1. Projeto científico e 2. Projeto em empresa. 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 two modalities: 1. Scientific project and 2. Company 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 fora do IST (universidades, centros de investigação ou empresas). As seguintes modalidades são possíveis:*

1. *Projeto científico: uma análise profunda e academicamente rigorosa de um desafio científico, tecnológico ou da área de gestão. Pode incluir trabalho experimental e/ou computacional.*
2. *Projeto em empresa: projeto individual focado num desafio específico apresentado pela empresa anfitriã que requer uma solução ou análise vocacionada para uma implementação a curto prazo.*

#### 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.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem descritos, qualquer especialista na matéria poderá constatar que os conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessários 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 to the conclusion that all the syllabus points aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described.*

#### 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 (≤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 (≤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 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 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:**  
*A bibliografia será recomendada de acordo com o tema desenvolvido pelo aluno*

#### 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:**  
*TP 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, 0h.*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist13642, António Manuel Atalaia Carvalheiro Serra, 56h TP*

**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 - Materiais, Inovação e Sociedade

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

*Materiais, Inovação e Sociedade*

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

*Materials, Innovation and Society*

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

*PMME*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*84.0*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*S 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):

*ist30577, Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral, 24,5h S*

##### 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 o seu primeiro ciclo de estudos, o aluno deverá ser capaz de entender que existe uma ligação entre a engenharia de materiais, as novas formas de aplicar este ramo da engenharia aos mais diversos sectores de atividade e o impacto que a mesma tem e terá na sociedade. No entanto, a consolidação deste processo só ficará estabelecida no segundo ciclo de estudos, quando o aluno tiver sido confrontado com os conteúdos associados às principais tecnologias e processos de fabrico para os mais diversos materiais. Nessa altura, torna-se muito importante o aluno conhecer as metodologias para conceber e validar o respetivo resultado de uma qualquer tecnologia ou processo, quer se trate de uma inovação radical ou de uma otimização incremental que permitam contribuir para desenvolvimento económico, ambiental e societal.*

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

*After finishing the first cycle of studies, the student should acknowledge the existence of a connection among materials engineering, the new trends for applying this engineering field on all the several activity sectors and the impact caused by its application in society. However, the consolidation of this process will only be established on the second cycle of studies, when the student is confronted with the main contents associated to the technologies and manufacturing processes of a wide range of materials. At this moment, it becomes very important that the student*

*knows the methodologies to design and validate the result of any technology or process, either related to a radical innovation or an incremental optimization that contributes for economic, environmental and societal development.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Nesta disciplina destacar-se-ão as abordagens da engenharia de materiais aos campos que representam, na atualidade, os maiores desafios da sociedade:*

- *Saúde, mudanças demográficas e bem-estar;*
- *Sustentabilidade ao nível alimentar e bioeconomia;*
- *Energias seguras, limpas e eficientes;*
- *Transportes e mobilidade inteligente;*
- *Mudanças climáticas, ambiente e eficiência na exploração de recursos e matérias-primas;*
- *Segurança de cidadãos e regiões.*

*Assim, a presente disciplina destina-se a dar ao aluno o conhecimento das melhores práticas nacionais e internacionais no que respeita ao desenvolvimento, fabrico ou aplicação de materiais ou tecnologias de fabrico inovadoras nas mais variadas áreas de ponta, e que evidenciem a melhoria de um ou mais desafios sociais.*

*O programa da disciplina desenvolve-se na forma de seminários motivadores conduzidos por profissionais que irão apresentar alguns dos projetos âncora realizados quer à escala nacional, quer internacional.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*In this course, one will enhance the approaches for applying materials engineering to the fields that represent the actual and most relevant societal challenges:*

- *Health, demographic change and wellbeing;*
- *Food sustainability and bioeconomy;*
- *Secure, clean and efficient energy;*
- *Transports and smart mobility;*
- *Climate changes, environment, resource efficiency and raw materials;*
- *Region and citizen security.*

*Thus, this course aims to give the student knowledge of the best national and international practices regarding the developing, manufacture or application of innovative materials or manufacturing technologies in the most varied cutting-edge areas, showing an improvement in a or more social challenges.*

*The discipline program is developed in the form of motivating seminars promoted by professionals that present some of the anchor projects carried out on a national and international scale.*

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

*Atendendo aos objetivos da UC, qualquer especialista na matéria poderá constatar que os pontos dos conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos de 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 to the conclusion that all the syllabus points aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described.*

#### 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 (≤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 (≤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 através da utilização de seminários realizados por especialistas. 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 concepts through the use of seminars given by experts in the area, 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:**

***"Engineering and Social Justice: In the University and Beyond", Caroline Baillie, Alice Pawley, Donna M. Riley, 2012, Purdue University Press ; Horizon 2020 - Societal Challenges, ----, ----, ----***

**Mapa IV - Materiais Compósitos****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Materiais Compósitos***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Composite Materials***

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

***PMME***

**4.4.1.3. Duração:**

***Semestral***

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

***84.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***24.5 (TP-14; PL-10,5)***

**4.4.1.6. ECTS:**

***3.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist13458, José Jorge Lopes da Cruz Fernandes, 14h TP + 10,5h L***

**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 aluno deverá ser capaz de compreender a constituição dos diversos tipos de materiais compósitos (macro, micro e nanocompósitos) e estabelecer as relações com propriedades destes materiais.***

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

***The student should be able to understand the constitution of various types of composite materials (macro, micro and nanocomposites) and establish relations with the properties of these materials.***

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

***Introdução. Definição de compósito. Fundamentos: mecanismos gerais de reforço de materiais. Materiais de reforço e de matriz. Tipos de compósitos. Compósitos de fibras e de partículas. Métodos de produção de fibras.***

***Macrocompósitos (betão armado, cimentos).***

***Compósitos têxteis, biocompósitos, compósitos naturais, compósitos com esqueleto.***

***Interfaces em materiais compósitos. Revestimentos.***

***Resistência mecânica dos materiais compósitos. Comportamento elástico dos compósitos de fibra longa.***



**Comportamento mecânico dos compósitos de fibra curta. Comportamento elástico dos compósitos laminados. Tenacidade e fractura de materiais compósitos. Estatística de Weibull.**

#### 4.4.5. Syllabus:

**Introduction. Definition of composite. Fundamental concepts: general mechanisms of materials reinforcement. Reinforcement materials and matrix materials. Types of composites. Fibre and particles reinforced composites. Fiber production methods. Macrocomposite (concrete, cement). Textile composites, biocomposites, natural composites, skeletal composites. Interfaces in composite materials. Coatings. Mechanical strength of composite materials. Elastic behavior of long fibre composites. Mechanical behavior of short fiber composites. Elastic behavior of laminated composites. Toughness and fracture of composite materials. Weibull statistics.**

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):

**Um trabalho Laboratorial (50% da Nota final) + 1 Exame (50% da Nota Final).**

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

**Lab work (50% of the final grade) + Exam (50% of the final grade).**

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 composite materials", D. Hull and T.W. Clyne, 1996, 2nd ed, Cambridge University Press; "Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis", J. N. Reddy, 2004, CRC Press. ; "Matériaux Composites", D. Gay, 1991, 3th ed. Hermes; "Fibrous materials", K.K.Chawla, 1998, Cambridge University Press**

#### Mapa IV - Termodinâmica Química Aplicada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

**Termodinâmica Química Aplicada**

4.4.1.1. Title of curricular unit:

**Applied Chemical Thermodynamics**

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

**CEQ**

4.4.1.3. Duração:

**Semestral**

**4.4.1.4. Horas de trabalho:****168.0****4.4.1.5. Horas de contacto:****T-14; TP-42****4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist13160, José Nuno Aguiar Canongia Lopes, 14h T****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist12699, Eduardo Jorge Mozilla Filipe, 14h TP****ist134419, Ana Paula Valagão Amadeu Serro, 14h TP****ist31579, Miguel Ângelo Joaquim Rodrigues, 14h TP****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*A Termodinâmica Química é uma UC estruturante do curso de Engenharia Química cujo objectivo é a aprendizagem dos conceitos fundamentais da Termodinâmica através de uma vertente química, capaz de articular análises a nível macroscópico com o carácter molecular e reaccional da matéria. Os alunos deverão saber calcular e compreender a variação de propriedades termodinâmicas relevantes no decurso de diferentes processos e transformações e analisar de forma quantitativa vários aspectos do equilíbrio químico e do equilíbrio de fases. Serão dadas aplicações e exemplos estecíficos de cada Engenharia.*

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

*Chemical Thermodynamics is a essential course in the Chemical Engineering Syllabus, which main objective is the learning of fundamental concepts of Thermodynamics in a chemical perspective, enabling a critical analysis of the relations between molecular and macroscopical properties of matter. The students should be able to compute and understand changes in thermodynamic quantities for different processes and quantitatively analyse different aspects of chemical and phase equilibria.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Lei zero. Escala de temperatura do gás ideal. Lei de Dalton. Gases perfeitos e reais. Equações de estado cúbicas. Princípio dos estados correspondentes. Equação do virial. Misturas gasosas reais. 1ª lei. Trabalho e calor. Funções de estado. Energia Interna e Entalpia. Capacidades caloríficas, calores latente e sensível. Termoquímica e calorimetria. Leis de Hess e de Kirchhoff. Coeficiente de Joule-Thomson. 2ª lei. Entropia e processos espontâneos. Processos isotérmicos e adiabáticos. 3ª lei. Energias de Helmholtz e Gibbs. Relações de Maxwell. Equação de Gibbs-Helmholtz. Sistemas abertos: Potencial químico. Equilíbrio químico e equilíbrio de fases. Regra das fases de Gibbs. Diagramas de fases de componentes puros. Equação de Clausius-Clapeyron. Fugacidade. Sistemas binários. Propriedades coligativas. Pressão osmótica. Equilíbrio líquido-vapor. Leis de Raoult e de Henry. Misturas reais. Azeotropia. Equilíbrios líquido-líquido e sólido-líquido.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Zeroth law. Ideal gas temperature scale. Dalton's Law. Ideal and real gases. Cubic equations of state. Corresponding states law. Virial equation. Mixtures of real gases. 1st law. Work and heat. State functions. Internal energy and enthalpy. Heat capacities, latent and sensible heats. Thermochemistry and calorimetry. Hess' and Kirchhoff's laws. Joule-Thomson coefficient. 2nd law. Entropy and spontaneity. Isothermal and adiabatic processes. 3rd law. Helmholtz and Gibbs Energies. Maxwell's relations. Gibbs-Helmholtz equation. Open systems: chemical potential. Chemical and phase equilibria. Gibbs phase rule. Phase diagrams of pure components. Clausius-Clapeyron equation. Fugacity. Binary systems. Colligative properties. Osmotic pressure. Liquid-vapour equilibria. Raoult's and Henry's laws. Real Mixtures. Azeotropy. Liquid-liquid and solid-liquid equilibria. Ternary systems. Examples applied to different Engenieering courses.*

- 4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC, descritos em 6.2.1.4, qualquer especialista na matéria poderá constatar que todos os pontos dos conteúdos programáticos, descritos em 6.2.1.5, visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*
- 4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points (point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*
- 4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Exame: 50%*  
*Avaliação Contínua (Quiz + trabalhos de grupo): 50%*
- 4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**  
*Continuous evaluation: 50%*  
*Final test: 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:**  
*Termodinâmica Aplicada, E. G. de Azevedo, 2018, 4ª Ed., Escolar Editora 2018; Physical Chemistry, R. J. Silbey, R. A. Alberty, 2005, 4th Ed., John Wiley & Sons 2005; Introduction to Chem Eng Thermodynamics, J. M. Smith et al., 2017, 8th Ed., McGraw Hill ; Physical Chemistry, P. Atkins, J. de Paula, 2014, 10th Ed., Oxford University Press*

#### **Mapa IV - Desenho e Modelação Geométrica**

- 4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Desenho e Modelação Geométrica*
- 4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Technical Drawing and Geometrical Modelling*
- 4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**  
*PMME*
- 4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*
- 4.4.1.4. Horas de trabalho:**  
*84.0*
- 4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*PL 28.0*
- 4.4.1.6. ECTS:**  
*3.0*
- 4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist30577, Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral, 28h PL*

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 representação gráfica associada a sistemas e produtos industriais. O aluno no fim da disciplina deverá ser capaz de facilmente produzir e transmitir ideias, conceitos e realizar pequenos projectos utilizando desenho técnico e modelação geométrica tridimensional (CAD 3D)*

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

*Development of graphical representation skills associated with systems and industrial products. With this course the student will be able to produce and transmit ideas, concepts and carry out small design projects using sketching, CAD and geometric modeling techniques.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Modelação CAD 3D:*

- *Modelos paramétricos.*
- *Entidades.*
- *Operações.*
- *Relações geométricas.*
- *Superfícies.*
- *Assemblagem de componentes: Visualização de modelos; Detecção de interferências.*
- *Obtenção de desenhos.*

*Introdução ao Desenho Técnico:*

- *Aspectos gerais: Normas; Escrita; Formatos, esquadria, dobragem, legenda; Linhas e traços; Escalas.*
- *Projecções: Tipos de Projecções; Escolha de Vistas. Tipos de perspectivas*
- *Cortes e Secções: Representação; Tracejados; Tipos de corte; Representações convencionais; Secções.*
- *Cotagem: Elementos da cotagem; Escolha de cotas; Cotagem de conjuntos.*
- *Representação de Componentes normalizados: Roscas; Anilhas, Chavetas; Molas; Engrenagens; Rolamentos; Transmissões.*

*Introdução à documentação de projecto.*

- *Desenhos de Produção: Memória descritiva; Desenho de conjunto, peça a peça; Revisão de desenhos.*

4.4.5. Syllabus:

*CAD 3D Modelling:*

- *Parametric models*
- *Entities*
- *Features*
- *Geometric relations*
- *Surfaces*
- *Assemblies: Visualization, interference detection*
- *Generation of drawings*

*Introduction to technical drawing:*

- *General aspects related with technical drawing*
- *Multiview Projections*
- *Section views*
- *Dimensioning*
- *Special representation: Threads, fasteners, springs, gears, bearings, etc.*
- *Introduction to project documentation.*

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):**

*Trabalhos ao longo das aulas (TA - 50%) e Projecto Final(PF 50%). O Projecto Final tem nota mínima de 10 valores, deverá ser efectuado em grupo e terá uma apresentação oral.*

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

*Practical work during class (50%) and Final Project (50%). Final project should be a group project. A minimum grade of 10/20 is required for the final project in order to obtain a passing grade. An oral presentation of the final project is required.*

**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 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 laboratory 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:**

*"Desenho Técnico Moderno", A. Silva, C. T. Ribeiro, J. Dias, L. Sousa, 2005, LIDEL Editora, ISBN: 972-757-337-1;  
"Desenho Técnico Básico", Vol. III, Simões Morais, 2006, Porto Editora*

**Mapa IV - Comportamento Mecânico de Materiais I****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Comportamento Mecânico de Materiais I*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Mechanical Behaviour of Materials I*

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

*MEC*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP 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):***ist12080, Alberto Eduardo Morão Cabral Ferro, 28h TP***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***ist11630, Luís Manuel Guerra da Silva Rosa, 28h TP***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Proporcionar aos alunos formação inicial no domínio da Estática dos Corpos Rígidos e da Geometria de Massas, bem como uma introdução a Multiplicidades, de modo a permitir escrever as equações físicas em notação indicial. Compreender os mecanismos de deformação elástica (linear e isotropa) de materiais e componentes sujeitos a esforços de tracção, flexão, e torção. Estabelecer relações entre tensões e extensões no domínio elástico. Adquirir capacidade de compreender o dimensionamento de treliças, vigas e veios de transmissão. Estabelecer relações entre a natureza da ligação química, a estrutura e o comportamento elástico dos materiais. Compreender as origens do comportamento elástico não linear e anisótropo e as suas consequências. Estabelecer relações entre tensões e extensões para materiais anisótropos. Proporcionar aos alunos formação inicial no domínio dos comportamentos dependentes da taxa de extensão e da cedência plástica.*

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

*Provide students with initial education in the field of the Statics of Rigid Bodies and of the Mass Geometry, as well as an introduction to multiplicities, in order to allow writing physical equations in index notation. Understand the mechanisms of elastic deformation (linear and isotropic) of materials and components subjected to tensile, bending, and torsion efforts. Establish relationships between stress and strain in the elastic domain. Acquire the ability to understand the design of trusses, beams and transmission shafts. Establish relationships between the nature of the chemical bond, the structure and the elastic behaviour of materials. Understand the origins of non-linear and anisotropic elastic behaviour and its consequences. Establish relationships between stresses and strain for anisotropic materials. Provide students with initial education in the fields of strain rate dependent behaviour and of plastic yield.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Estática dos corpos rígidos. Forças: momento e binário. Equilíbrio de Forças. Treliças. Centro de massa e momento de inércia. Tensor de Inércia. Transformação de coordenadas. Conceito de tensão: vetor tensão e tensor das tensões. Tensões principais. Tensor isostático e tensor desviador. Tensão de corte máxima. Tipos de deformação. Extensão e taxa de extensão. Valores nominais e reais. Deformação elástica e plástica. Anelasticidade e viscoelasticidade. Deformação de componentes carregados axialmente, por torção e em flexão. Diagrama de esforço transversal e momento flector. Tensões sob a acção de cargas combinadas. Energia de deformação. Teorema de Castigliano. Forças interatómicas e constantes elásticas. Não linearidade e anisotropia do comportamento elástico. Lei de Hooke generalizada. Métodos experimentais de determinação do módulo de elasticidade. Comportamentos dependentes da taxa de extensão. Introdução aos critérios de plasticidade.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Statics of rigid bodies. Forces: moment and torque. Balance of Forces. Trusses. Center of mass and moment of inertia. Inertia Tensor. Transformation of coordinates. Stress concept: stress vector and stress tensor. Principal stresses. Isostatic tensor and deviator tensor. Maximum shear stress. Deformation types. Strain and strain rate. Nominal and true values. Elastic and plastic deformation. Anelasticity and viscoelasticity. Deformation of components loaded axially, by torsion and by bending. Diagram of transverse efforts and bending moments. Stresses under the action of combined loads. Strain energy. Castigliano's theorem. Interatomic forces and elastic constants. Non-linearity and anisotropy of elastic behavior. Generalized Hooke's law. Experimental methods for determining the modulus of elasticity. Strain Rate dependent Behaviour. Introduction to plasticity criteria.*

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

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

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

*Considering the objectives of this the UC, any expert in the field can reach to the conclusion that all the syllabus points*

*(point 6.2.1.5) aim to give students the competences and the required knowledge and skills to reach the learning outcomes described in point 6.2.1.4.*

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na supervisão do trabalho autónomo dos alunos e na transferência de conceitos teóricos e práticos fundamentais relativos aos conteúdos programáticos da unidade curricular. A metodologia de ensino proposta fomenta a aprendizagem baseada na resolução autónoma de problemas e por projecto, individual e em grupo, 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 activa (trabalhos de casa, fichas e projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames ( $\leq 50\%$ ).*

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

*The teaching methodology is based on the supervision of the autonomous work of the students. It's also based on the transfer of main theoretical and practical concepts supported by case studies and laboratory work. This approach will allow the fulfilment of the curricular unit objectives, to enhance the development of the students and its ability to carry out autonomous studies on the subject. Further, it will allow students with different backgrounds and formations to attain the competence level and knowledge expected for this curricular unity. The assessment model incorporates elements of continuous assessment in the context of active learning (homework, worksheets and projects) 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 atrás referida, baseada na supervisão e trabalho autónomo dos alunos, permitirá cumprir os objectivos desta unidade curricular, potenciar o desenvolvimento dos alunos e a sua capacidade de realizar estudos e resolver problemas sobre o tema com autonomia. Permitirá ainda que estudantes com diferentes proveniências e formações atinjam o nível de competências e conhecimentos previstos para a unidade curricular.*

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

*The teaching methodology previously referred, based on supervision and autonomous work of the students, will allow the fulfilment of the curricular unit objectives, to enhance the development of the students and its ability to carry out studies and solve problems on the subject with autonomy. Further, it will allow students with different backgrounds and formations to attain the competence level and knowledge expected for this curricular unity.*

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

*"Vector Mechanics for Engineers, Statics and Dynamics", F.P. Beer and E. R. Johnston, 2016, McGrawHill, New York, 11th Edition;  
"Mechanics of Materials", F.P. Beer, E.R. Johnston Jr., D. F. Mazurek and J. T. Dewolf, 2014, McGrawHill, New York, 7th Edition.;  
"Mechanical Behavior of Materials", T.H. Courtney, 2005, Waveland Press, Illinois, 2nd Edition.*

**Mapa IV - Materiais Poliméricos**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Materiais Poliméricos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Polymeric Materials*

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

*EPP*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*49.0 (TP 28, PL 21)*

**4.4.1.6. ECTS:****6.0****4.4.1.7. Observações:****<sem resposta>****4.4.1.7. Observations:****<no answer>****4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):****ist13296, José Paulo Sequeira Farinha, 25 TP****4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:****ist45873, Ana Clara Lopes Marques, 3 TP + 21 PL****4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*****Compreensão dos materiais poliméricos com vista à sua utilização em problemas de engenharia. Em particular, principais métodos de polimerização, caracterização de polímeros, conformação e dinâmica de cadeias poliméricas, comportamento dos polímeros em solução, ligas poliméricas, comportamento reológico e termomecânico, relação entre a estrutura, propriedades e aplicações.*****4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*****Understanding of polymeric materials and their use in engineering problems. Main methods of polymerization, polymer characterization, conformation and dynamics of polymer chains, behavior of polymers in solution, polymer alloys, rheological and thermomechanical behavior, relationship between structure, properties and applications.*****4.4.5. Conteúdos programáticos:****1 Introdução. Nomenclatura, estrutura e arquitetura. Polimerização. Massas molares****2 Técnicas de caracterização de polímeros****3 Conformação e dinâmica. Cadeias ideais e volume excluído. Redes poliméricas, elastómeros e géis. Dinâmica de cadeias****4 Termodinâmica. Modelo de Flory-Huggins. Solubilidade. Diagramas de fase. Soluções diluídas, semi-diluídas e concentradas. Ligas de polímeros****5 Sólidos Poliméricos.****Materiais termoendurecíveis, termoplásticos e elastómeros. Polímeros amorfos e cristalinos. Relações estrutura-propriedades****Viscoelasticidade. Modelos mecânicos de viscoelasticidade. Relaxamento de tensões e fluência. Princípio de sobreposição de Boltzmann****Análise dinâmico-mecânica****Princípio de sobreposição tempo-temperatura****Propriedades mecânicas, viscosidade e tempos de relaxação****6 Polímeros industriais e aplicações. Degradação, estabilização e modificação de polímeros.****4.4.5. Syllabus:****1. Introduction. Nomenclature, structure and chain architecture. Polymerization. Molar masses.****2. Polymer characterization techniques****3. Conformation and dynamics. Ideal chains and excluded volume. Polymer networks, elastomers and gels. Chain dynamics****4. Thermodynamics. Flory-Huggins model. Solubility. Phase diagrams. Diluted, semi-diluted and concentrated solutions. Polymer blends.****5. Polymeric Solids****Thermoset, thermoplastic and elastomer materials. Amorphous and crystalline polymers. Structure-property relationships.****Viscoelasticity. Mechanical models of viscoelasticity. Relaxation of tensions and fluency. Boltzmann's superposition principle.****Dynamic-mechanical analysis of polymers.****Time-temperature superposition.****Mechanical properties, viscosity and relaxation times.****6. Industrial polymers and applications. Degradation, stabilization and modification of polymers.****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:****Os conteúdos programáticos abrangem os principais tópicos de materiais poliméricos. São apresentadas as bases**



*teóricas e os conceitos essenciais, e discutidos exemplos de aplicação, solicitando-se aos alunos uma participação activa no processo de aprendizagem.*

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

*The syllabus cover the main topics of polymeric materials. The theoretical bases and essential concepts are presented, and examples of application are discussed, involving the students in an active learning process.*

**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 activa (e.g., 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 promote problem-based learning and learning by projects, reinforcing the practical component, as well as active learning, autonomous work and student responsibility. The evaluation model incorporates continuous assessment in the context of active learning (e.g., projects, homework, quizzes, etc.), compatible with a 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:**

*As metodologias de ensino foram concebidas de modo a que os alunos possam adquirir um conhecimento abrangente na área, em conformidade com os objetivos da unidade curricular. A realização de trabalhos práticos permite o contacto com situações e problemas reais.*

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

*The teaching methodologies were designed so that the students can acquire a comprehensive knowledge on the subject, in line with the objectives of the course. Practical work allows contact with real situations and problems.*

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

*R.J. Young, P. Lovell, "Introduction to Polymers", 3rd ed, CRC Press, 2011. ISBN 9780849339295*

*M. Rubinstein, R.H. Colby, "Polymer Physics", Oxford, 2003. ISBN: 9780198520597*

*J. R. Fried, Polymer Science & Technology, 3rd ed, Prentice Hall, 2014. ISBN: 9780137039937*

*N. G. McCrum, C. P. Buckley, C. B. Bucknall, "Principles of Polymer Engineering", 2nd ed, Oxford University Press, 2011. ISBN: 978-0198565260*

**Mapa IV - Matemática Computacional**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Matemática Computacional*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Computational Mathematics*

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

*ANAA*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP 56.0*

**4.4.1.6. ECTS:**

6.0

**4.4.1.7. Observações:**

&lt;sem resposta&gt;

**4.4.1.7. Observations:**

&lt;no answer&gt;

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***ist13440, Adélia da Costa Sequeira dos Ramos Silva, 0h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***ist13102, Isabel Reis dos Santos, 56 TP***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Compreender a limitação finita de algoritmos numéricos. Trabalhar com estimativas de erros e compreender a propagação de erros em algoritmos. Interpolare e extrapolar dados por interpolação e mínimos quadrados. Aplicar a ciências de dados e medições experimentais. Aproximar, derivar e integrar funções por métodos numéricos. Aplicar a funções não elementares. Resolver equações e sistemas não lineares por métodos numéricos. Aproximar a solução de equações diferenciais ordinárias, incluindo sistemas. Aproximar a solução de problemas com equações diferenciais parciais. Desenvolver projectos computacionais elementares. Aplicar a diversos problemas de engenharia e de visualização gráfica.*

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

*Understand the finite limitations of numerical algorithms. Work with error estimates and understand error propagation in algorithms. Interpolate and extrapolate data also using least squares, and application to data science and experimental measurements. Approximate, derive and integrate functions by numerical methods. Solve equations and nonlinear systems by numerical methods. Approximate the solution of ordinary differential equations, including systems.*  
*Approximate the solution of some problems with partial differential equations.*  
*Develop and present elementary computational projects.*  
*Apply the theory to engineering and computational problems.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Representação numérica e introdução ao MATLAB (ou Python).*  
*Erros e Condicionamento.*  
*Interpolação e extrapolação de dados. Método de Mínimos Quadrados - Projecção L2 discreta.*  
*Equações unidimensionais - Métodos da Secante e de Newton.*  
*Integração e Equações Diferenciais Ordinárias – Métodos de Euler, Runge-Kutta e adaptativos.*  
*Sistemas de Equações Lineares e Não Lineares – Métodos de Ponto Fixo, Newton.*  
*Diferenciação e integração numéricas - caso geral e elementar (várias variáveis).*  
*Equações com Derivadas Parciais – Diferenças Finitas, Splines e Elementos Finitos.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Numeric representation and introduction to MATLAB (or Python). Errors and Conditioning.*  
*Data interpolation and extrapolation. Least Squares Method - Discrete L2 projection.*  
*One-dimensional equations - Secant and Newton methods.*  
*Numerical Integration and Ordinary Differential Equations - Taylor and Runge-Kutta and adaptive methods.*  
*Systems of Linear and Nonlinear Equations - Fixed Point Methods, Newton.*  
*Numerical differentiation and integration - general and elementary case (several variables).*  
*Partial Differential Equations - Finite Differences, Splines and Finite Elements.*

**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 métodos e algoritmos numéricos. 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 numerical numerics and algorithms. 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:**

- \* *Scientific Computing with MATLAB and Octave, A. Quarteroni, F. Saleri, P. Gervasio, 2014, 4th ed, Springer;*
- \* *Cálculo Científico com o MatLab e o Octave, A. Quarteroni, F. Saleri, 2007, Springer;*
- \* *Numerical Methods for Engineers, S. Chapra, R. Canale, 2009, 6th ed., MacGraw Hill;*
- \* *Numerical Analysis, R. L. Burden, J. D. Faires, 2004, 8th ed., Brooks Cole.*

**Mapa IV - Introdução à Engenharia de Materiais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Introdução à Engenharia de Materiais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Introduction to Materials Engineering*

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

*CEQ*

**4.4.1.3. Duração:**

*Semestral*

**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

*168.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP-42; PL-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

<sem resposta>

4.4.1.7. Observations:

<no answer>

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

*ist45873, Ana Clara Lopes Marques, 42h TP + 14h PL*

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

<sem resposta>

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

*O objectivo da disciplina é permitir ao aluno adquirir uma visão global integrada do campo de actuação da Engenharia de Materiais. Serão introduzidas as principais classes de materiais e suas propriedades, numa perspectiva de estabelecimento das relações entre a sua estrutura, métodos de processamento e transformação, propriedades resultantes e aplicações.*

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

*The objective of the course is to allow the student to acquire an integrated global view of the field of action of Materials Engineering. The main classes of materials and their properties will be introduced, with a view to establishing the relationships between their structure, processing and transformation methods, resulting properties and applications.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução. Classes de materiais. Breve noção das suas propriedades, métodos de processamento e aplicações. Ligação química e sua influência nas propriedades dos materiais.*
- 2. Estruturas cristalinas. Materiais cerâmicos e semicondutores. Planos e direções cristalográficas. Defeitos cristalinos.*
- 3. Solidificação. Nucleação e crescimento.*
- 4. Diagramas de fases: principais configurações. Diagramas de fases de ligas metálicas e materiais cerâmicos comuns.*
- 5. Materiais metálicos. Tratamentos térmicos e transformações de fases.*
- 6. Materiais poliméricos e materiais compósitos.*
- 7. Propriedades mecânicas e ensaios mecânicos.*
- 8. Propriedades térmicas, eléctricas, magnéticas e ópticas.*

4.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction. Classes of materials. Brief notion of their properties, processing methods and applications. Chemical bonding and its influence on material properties.*
- 2. Crystal structures. Ceramic and semiconductor materials. Crystallographic planes and directions. Crystal defects.*
- 3. Solidification. Nucleation and growth.*
- 4. Phase diagrams: basic configurations. Phase diagrams of metal alloys and common ceramic materials.*
- 5. Metallic and ceramic materials. Thermal processing and phase transformations.*
- 6. Polymeric materials and composite materials.*
- 7. Mechanical properties and mechanical testing.*
- 8. Thermal, electrical, magnetic and optical properties.*

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

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

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

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

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O método de avaliação contempla:*

- 1) Questionários individuais de avaliação dos diversos tópicos do programa (realizados em aula), ao longo do período lectivo, para monitorizar a aquisição de conhecimentos de forma contínua (60%);*
- 2) Relatório (trabalho de grupo), contendo: (a) uma compilação e interpretação crítica das experiências de identificação de vários tipos de materiais, realizadas nas aulas de laboratório, e (b) apresentação sobre um material inovador à*

**escolha. Apresentação escrita e oral do trabalho (40%).**

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

*The evaluation method includes:*

- 1) Individual assessment questionnaires for the different topics of the program (carried out in class), throughout the academic period, to monitor the acquisition of knowledge continuously (60%);*
- 2) Report (group work), containing: (a) compilation and critical interpretation of the experiments for identification of various types of materials, carried out in laboratory classes, and (b) presentation on an innovative material of choice. Written and oral presentation of the work (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:**

*Materials Science and Engineering: an Introduction, William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch, 2015, 9th edition, John Wiley & Sons*

**Mapa IV - Superfícies e Interfaces**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Superfícies e Interfaces*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Surfaces and Interfaces*

**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:**

*84.0*

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

*TP 24.5*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist2604, José Carlos Garcia Pereira, 22,05h TP*

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

*ist134419, Ana Paula Valagão Amadeu Serro, 2,45h TP*

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

*Os alunos devem adquirir os conhecimentos fundamentais relacionados com a física e a química dos vários tipos de interfaces, e devem ser capazes de utilizar esses conhecimentos para compreender e manipular fenómenos interfaciais em sólidos.*

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

*Students should acquire the fundamental knowledge related with the physics and chemistry of the various types of interfaces, and should be able to use that knowledge to understand and manipulate interfacial phenomena in solids.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Tensão superficial, curvatura, equação de Laplace, capilaridade, ângulo de contacto, equação de Kelvin. Adesão, molhabilidade, equação de Young, coeficiente de recobrimento. Energia das interfaces. Concentração de excesso, equação de Gibbs. Surfactantes. Dispersões coloidais. Espumas. Adsorção gasosa. Adsorção física e química. Isotérmicas de adsorção. Modelos de Langmuir, BET e Freundlich. Energia de superfícies ideais, construção de Wulf. Relaxação de superfícies, reconstrução de superfícies. Superfícies vicinais. Crescimento de superfícies. Interfaces homofásicas e heterofásicas. Interfaces coerentes, semi-coerentes e incoerentes. Redes de coincidência. Interfaces glissile.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Surface tension, curvature, Laplace equation, capilarity, contact angle, Kelvin equation. Adhesion, wetting, Young equation, spreading coefficient. Interface energies. Excess concentration, Gibbs equation. Surfactants. Colloid dispersions. Foams. Gas adsorption. Physical and chemical adsorption. Adsorption isotherms. Langmuir, BET and Freundlich models. Ideal surface energy, Wulff construction. Surface relaxation, surface reconstruction. Vicinal surfaces. Surface growth. Homophasic and heterophasic interfaces. Coherent, semi-coherent and incoherent interfaces. Coincidence lattices. Glissile interfaces.*

**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):**

*(90%) 3 questionários (com 4 alíneas) nas aulas, repescados nas datas de exame, com nota mínima de 8.0 em cada e nota mínima da média de 9.5.*

*(10%) Trabalho de laboratório com relatório sobre a determinação experimental da tensão superficial e da molhabilidade.*

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

*(90%) Three question sets (with 4 questions each) given in class, provided again in the exam dates, with minimum classification of 8.0/set and average minimum classification of 9.5.*

*(10%) Laboratory work with report about experimental determination of surface tension and wetting (4 students per group).*

**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:**

*Interfacial Science, Geoffrey Barnes and Ian Gentle, 2011, Oxford University Press; Physical Chemistry of Surfaces, Arthur. W. Adamson, Alice P. Gast, 1997, John Wiley & Sons; Surfactants and Interfacial Phenomena, Milton J. Rosen, 2004, John Wiley & Sons; The Physics of Foams, Denis Weaire and Stefan Hutzler, 1999, Oxford University Press; Interfaces in Materials, James M. Howe, 1997, John Wiley & Sons; Phase Transformations in Metals and Alloys, D.A. Porter, K.E. Easterling, M.Y. Sherif, 2009, CRC Press*

**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 (T-14; TP-10,5)*

**4.4.1.6. ECTS:**

*3.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12631, João Agostinho de Oliveira Soares, 14h T*

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

*ist12228, Carlos Manuel Ferreira Monteiro, 10,5h TP*

**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:**

**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 - Eletromagnetismo e Óptica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Eletromagnetismo e Óptica***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Electromagnetism and 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:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T-28; TP-21***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist23437, Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira, 28h T***

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

***ist175259, Rui Pedro Salgado Paiva Calado, 21h TP***

**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 do Eletromagnetismo e da Óptica.***

***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 Eletromagnetismo e da Óptica 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: Quantitatively predict the consequences of a variety of physical phenomena with calculatory tools. Ensure advanced and thorough scientific training in a fundamental field of Physics, hence allowing for disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.**

**Specific: Ability to understand and interconnect the concepts and basic principles of Electromagnetism and Optics, to understand how the history of how Maxwell's equations for the electromagnetic field have emerged and the integrative perspective of Maxwell's equations; ability to apply the concepts of 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 el. estacionária: densidade e intensidade de corrente; continuidade da carga; leis de Ohm, Joule e Kirchhoff.**
3. **Magnetostática: campo magnético; leis de Biot-Savart e Ampère; força de Lorentz; fluxo magnético; coefs. de indução e bobinas; magnetização; energia magnética.**
4. **Campo eletromagnético variável e aplicações: indução e lei de Faraday; transformadores, motores e geradores elétricos; corrente de deslocamento; energia e.m.; circuitos RC, RL e RLC.**
5. **Eqs. Maxwell e ondas e.m.: ondas planas monocromáticas; energia e intensidade.**
6. **Ótica: caráter e.m. da luz; dispersão, polarização, reflexão, interferência e difração; óptica geométrica, reflexão e refração; equações de Fresnel e princípio de Fermat.**

#### 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 density; equation for charge continuity; Ohm, Joule and Kirchhoff laws.**
3. **Magnetostatics: magnetic field; Biot-Savart and Ampère laws; Lorentz force; magnetic flux; induction coefficients and coils; magnetization; magnetic energy.**
4. **Variable electromagnetic field and applications: induction and Faraday's law; electric transformers, motors and generators; displacement current; e.m. energy; RC, RL and RLC circuits.**
5. **Maxwell's equations and e.m. waves: monochromatic plane waves; wave energy and intensity.**
6. **Optics: e.m. character of light; dispersion, polarization, reflection, interference and diffraction; geometric optics, reflection and refraction; Fresnel equations and Fermat's principle.**

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

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

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

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

**As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e por projectos, reforçando-se a componente prática, a aprendizagem, activa, o trabalho autónomo e a responsabilização do estudante. 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%).**

4.4.7. **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 (≤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:**

*\* Physics for Global Scientists and Engineers (vols 1 and 2), Serway, Jewett, Wilson, Wilson and Rowlands , 2017 , ISBN10: 1-4737-5721-5;*

*\* Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway, J. W. Jewett , 2004, ISBN: 0-53-440842-7*

**Mapa IV - Estrutura dos Materiais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Estrutura dos Materiais*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Structure of Materials*

**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:**

*TP 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):**

*ist12589, Luís Filipe da Silva dos Santos, 28h TP*

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

*ist12604, José Carlos Garcia Pereira, 28h TP*

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

*Pretende-se que o aluno adquira sólidos conhecimentos sobre cristalografia, estrutura dos materiais e defeitos cristalinos, que forneçam ao aluno uma base sólida para relacionar a estrutura, defeitos e as propriedades dos materiais, que serão abordadas em disciplinas futuras.*

*Os objectivos da disciplina incluem o conhecimento de:*

- Estrutura dos materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos;*
- Fundamentos de cristalografia, abordando temas como operações de simetria, projecção estereográfica e textura;*
- Defeitos que ocorrem nas estruturas cristalinas.*

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

*The student should acquire solid knowledge about crystallography, material structure and crystalline defects, which provide a solid basis to relate the structure, defects and properties of the materials, which will be addressed in future subjects.*

*The objectives of the course include knowledge of:*

- *Structure of metallic, ceramic and polymeric materials;*
- *Fundamentals of crystallography, covering topics such as symmetry operations, stereographic projection and texture;*
- *Defects that occur in crystalline structures.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### 1. ESTRUTURA DE MATERIAIS

*Estrutura de metais. Interstícios em CCC, CFC e HC. Alotropia. Soluções sólidas. Fases terminais e intermédias. Super-redes. Fases de Laves.*

*Estrutura de cerâmicos. Perovskites, supercondutores, espinelas, silicatos.*

*Estruturas de Carbono. Estrutura vítrea.*

*Estruturas de polímeros. Termoplásticos. Termoendurecíveis. Elastómeros.*

*Determinação da estrutura cristalina.*

##### 2. FUNDAMENTOS DE CRISTALOGRAFIA

*Operações de simetria. Quasicristais. Simetria 2D e 3D. Zona e eixo de zona. Lei de Weiss.*

*Projecção estereográfica: propriedades; rede de Wulff; ângulos entre pólos; projecção padrão de cristais. Textura e figuras de pólos.*

##### 3. DEFEITOS CRISTALINOS

*Tipos de defeitos. Termodinâmica dos defeitos pontuais.*

*Deslocações. Vector de Burgers. Movimento, interação e multiplicação de deslocações. Mecanismos de Frank e Reed.*

*Escorregamento cruzado e trepa. Dissociação de deslocações.*

*Falhas de empilhamento. Defeitos bidimensionais. Maclas. Fronteiras de grão.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### 1. STRUCTURE OF MATERIALS

*Metal structures. Interstices in CCC, CFC and HC. Allotropy. Solid solutions. Terminal and intermediate phases.*

*Superlattices. Laves phases.*

*Ceramic structures. Perovskites, superconductors, spinels, silicates.*

*Carbon Structures. Glassy structure.*

*Polymer structures. Thermoplastics. Thermosetting. Elastomers.*

*Crystalline structure determination.*

##### 2. FUNDAMENTALS OF CRYSTALLOGRAPHY

*Symmetry operations. Quasicrystals. 2D and 3D symmetry. Zone and zone axis. Weiss's law.*

*Stereographic projection: properties; Wulff's network; angles between poles; standard crystal projection. Texture and figures of poles.*

##### 3. CRYSTALLINE DEFECTS

*Defect types. Thermodynamics of point defects.*

*Dislocations. Burgers vector. Movement, interaction and multiplication of dislocations. Frank and Reed mechanisms.*

*Crossslip and climb. Dissociation of dislocations.*

*Stacking faults. Two-dimensional defects. Twinning. Grain boundary.*

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

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

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

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

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

*Exame Final: 60%*

*Avaliação contínua: 40%*

*A componente de avaliação contínua consiste em trabalho autónomo em grupo (3 alunos/grupo) de resolução de problemas/exercícios com apresentação e discussão.*

*A nota mínima de cada componente é de 9.5 valores.*

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

*Final Exam: 60%*

*Continuous assessment: 40%*

**The continuous assessment component consists of autonomous group work (3 students / group) to solve problems/exercises with presentation and discussion.  
The minimum score for each component is 9.5 points.**

**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 Basics of Crystallography and Diffraction, Christopher Hammond, 2015, International Union of Crystallography, 4th Ed, Oxford University Press, UK;  
Crystals and Crystal Structures, Richard J. D. Tilley, 2020, 2nd Ed, Willey, Chichester, UK;  
Imperfections in Crystalline Solids, Wei Cai, William D. Nix, 2016, Cambridge University Press, UK;  
Materials Science and Engineering, W. Callister Jr., David G. Rethwisch, 2018, 10th Ed, Wiley, UK**

#### **Mapa IV - Propriedades Físicas dos Materiais**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:  
Propriedades Físicas dos Materiais**

**4.4.1.1. Title of curricular unit:  
Physical Properties of Materials**

**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:  
TP 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):  
ist12604, José Carlos Garcia Pereira, 56h TP**

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

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

*O objectivo é que os alunos aprendam a relacionar a estrutura atómica com as propriedades macroscópicas dos sólidos, nomeadamente através da interacção com os diferentes tipos de ondas (raios-X, fonões, electrões).*

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

*The goal is that students learn to relate the atomic structure with the macroscopic properties of solids, namely through the interaction with the different types of waves (X-rays, phonons, electrons).*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Células de Wigner-Seitz. Rede recíproca. Propriedades. Equação vectorial de Bragg. Factor de estrutura. Factor de dispersão atómica. Diagrama de Ewald. Zonas de Brillouin. Energia das estruturas cristalinas. Modelos com dipolos e com cargas (cristais iónicos). Constante de Madelung. Energia de Madelung. Vibrações em sólidos. Fonões. Relações de dispersão. Velocidade de grupo, de fase, do som. Modelo quântico do oscilador harmónico linear. Propriedades térmicas. Calor específico, modelos de Einstein e Debye. Condutividade térmica em sólidos não metálicos. Coeficiente de expansão. Modelo do electrão livre. Distribuição de Fermi-Dirac. Energia de Fermi. Condutividade eléctrica e térmica nos metais. Teoria das bandas. Gaps de energia. Teorema de Bloch. Modelo do electrão quase-livre. Modelo de Kroning-Penney. Semicondutores intrínsecos e extrínsecos. Concentração de electrões e de buracos. Energia de Fermi. Energia média e mais provável. Propriedades magnéticas. Propriedades ópticas.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Wigner-Seitz cells. Reciprocal lattice. Properties. Bragg vectorial law. Structure factor. Atomic form factor. Ewald diagram. Brillouin zones. Crystalline structure energies. Models with dipoles and charges (ionic crystals). Madelung constant. Madelung energy. Vibrations in solids. Phonons. Dispersion relations. Group, phase and sound velocities. Quantum model for the linear harmonic oscillator. Thermal properties. Specific heat, models of Einstein and Debye. Thermal conductivity in non metallic solids. Expansion coefficient. Free electron model. Fermi-Dirac distribution. Fermi energy. Electrical and thermal conductivity in metals. Band theory. Energy gaps. Bloch theorem. Nearly-free electron model. Kroning-Penney model. Intrinsic and extrinsic semiconductors. Electron and hole concentration. Average and most probable energies. Magnetic and optical properties.*

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

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

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

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

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

*(70%) Seis questionários (com 4 alíneas) nas aulas, repescados nas datas de exame, com nota mínima de 8.0 em cada e nota mínima da média de 9.5.*

*(20%) Trabalho de pesquisa em grupo (5 alunos por grupo), sobre a determinação experimental de propriedades físicas: velocidade do som, calor específico, condutividade térmica, coeficiente de expansão, condutividade eléctrica.*

*(10%) Apresentação em grupo (5 alunos por grupo) de trabalho de programação sobre tópicos de Física: função erro, modelo de Debye, constante de Madelung do NaCl, modelo de temperatura, distância extremo-a-extremo em cadeias poliméricas, máximos e mínimos em funções de onda H, normalização em funções de onda H, atrator de Lorenz, função de distribuição radial, distribuição normal gerada aleatoriamente.*

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

*(70%) Six question sets (with 4 questions each) given in class, provided again in the exam dates, with minimum classification of 8.0/set and average minimum classification of 9.5.*

*(20%) Group investigation work (5 students per group) about the experimental determination of physical properties: sound speed, specific heat, thermal conductivity, expansion coefficient, electric conductivity.*

*(10%) Group presentation (5 students per group) of a computation work, about Physics related topics: error function, Debye model, Madelung constant (NaCl), temperature model, end-to-end distance in polymer chains, maxima and minima in H wavefunctions, normalization of H wavefunctions, Lorenz attractor, radial distribution function, normal distribution randomly generated.*

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

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

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

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
***Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, 2004, 8th edition, John Wiley, New York; Fundamentals of Solid State Physics, J. R. Christman, 1988, John Wiley & Sons; Introductory Solid State Physics, H. P. Myers, 1997, CRC Press; Solid State Physics, J. R. Hook and H. E. Hall, 1991, 2nd Edition, John Wiley & Sons***

#### **Mapa IV - Transformações de Fase**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
***Transformações de Fase***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
***Phase Transformations***

**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 (56h TP)***

**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):**  
***ist13287, Maria Amélia Martins de Almeida, 56h TP***

**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 aluno deverá ser capaz de interpretar diagramas de equilíbrio de fases, compreender os conceitos fundamentais das transformações de fase (termodinâmica, cinética e difusão), compreender os mecanismos das transformações de fase em materiais e a sua relação com a microestrutura e propriedades resultantes.***

**4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
***The student should be able to interpret equilibrium phase diagrams, understand the fundamental concepts of phase***

*transformations (thermodynamics, kinetics and diffusion), understand the mechanisms of phase transformations in materials and their relationship with the resulting microstructure and properties.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Termodinâmica e diagramas de equilíbrio. Equilíbrio. Sistemas unários. Soluções binárias. Eq. em sistemas heterogéneos. Diagramas binários e ternários. Influência das interfaces no equilíbrio. Difusão atômica em sólidos. Mecanismos. Difusão intersticial e substitucional. Mobilidade atômica. Difusão em ligas ternárias. Caminhos de alta difusividade. Difusão em sistemas binários multifásicos. Solidificação. Metais puros. Nucleação e crescimento. Solidificação de ligas monofásicas, eutécticas, e peritécticas. Solidificação em lingotes, soldadura, rápida. Transformações em fase sólida com difusão. Nucleação homogénea e heterogénea. Crescimento. Cinética. Curvas TTT. Precipitação. Precipitação da ferrite. Precipitação celular. Transformação eutectóide. Transformações massivas. Transformações ordem-desordem. Transformações sem difusão. Características. Cristalografia da martensite. Nucleação e crescimento da martensite. Morfologias. Revenido. Aplicação a ligas de Fe, Cu, Ti, NiTi e ZrO<sub>2</sub>.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Thermodynamics and equilibrium phase diagrams. Equilibrium. Single component systems. Binary solutions. Equilibrium in heterogeneous systems. Binary and ternary diagrams. Influence of interfaces on equilibrium. Atomic diffusion in solids. Interstitial diffusion and substitutional diffusion. Atomic mobility. Diffusion in ternary alloys. High diffusivity paths. Diffusion in multiphase systems. Solidification. Nucleation and growth in pure materials. Solidification in single-phase, eutectic and peritectic materials. Ingot, welding, and rapid solidification structures. Solid state diffusive transformations. Homogeneous and heterogeneous nucleation. Growth. Kinetics. TTT curves. Precipitation. Ferrite precipitation. Cellular precipitation. Eutectoid transformation. Massive transformations. Order-disorder transformations. Diffusionless transformations. Characteristics. Martensite crystallography, nucleation and growth. Morphologies. Tempering. Application to Fe, Cu, Ti, NiTi alloys and ZrO<sub>2</sub>.*

#### 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 points 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):

*A metodologia de ensino basear-se-á na transferência de conceitos em aulas teórico-práticas que incluirão a resolução de exercícios e a realização de trabalhos de projecto, alguns dos quais utilizando métodos computacionais de cálculo e simulação.*

*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 (50%) no âmbito da aprendizagem ativa (questionários, exercícios, projectos) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exame final (50%).*

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

*The teaching methodology will be based on the transfer of concepts in theoretical-practical classes that will include resolution of practical exercises and development projects, some of which using computational methods for calculation and simulation.*

*The teaching methodologies aim to promote learning based on problem solving and projects, reinforcing the course practical component, students active learning, autonomous work and accountability.*

*The assessment model incorporates elements of continuous assessment (50%) in the context of active learning (questionnaires, exercises, projects) compatible with a significant reduction in the weight of assessment by 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 e práticos através da utilização intensiva de aulas de demonstração, exercícios e projectos de aplicação e desenvolvimento. 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. Esta abordagem permitirá também 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 demonstration classes, exercises and application and development projects. Teaching methods have been designed so that students can develop comprehensive knowledge on the topic, ensuring compliance with the objectives of the course. This approach will also allow leveling the knowledge of students with different backgrounds.***

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

***Phase Transformations in Metals and Alloys , D.A. Porter and K.E. Easterling, M. Y Sherif, 2009, 3rd edition, CRC Press; Introduction to the Thermodynamics of Materials, David R. Gaskell, David E. Laughlin, 2017, CRC Press; Kinetics of Materials, R. W. Balluffi, S.M. Allen, W. C. Carter, 2005, John Wiley & Sons; Materials Science and Engineering, William Callister Jr. David G. Rethwisch, 9th edition 2015, Wiley***

**Mapa IV - Mecânica e Ondas**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

***Mecânica e Ondas***

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

***Mechanics 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:**

***168.0***

**4.4.1.5. Horas de contacto:**

***T-28; TP-21***

**4.4.1.6. ECTS:**

***6.0***

**4.4.1.7. Observações:**

***<sem resposta>***

**4.4.1.7. Observations:**

***<no answer>***

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

***ist12173, João Filipe de Barros Duarte Fonseca, 28 T + 21 TP***

**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 físicos com ferramentas de análise. Garantir formação científica avançada e profunda num domínios fundamental da Física que permita abordagens de inovação disciplinares ou interdisciplinares.***

***Específico: Compreensão e interligação dos conceitos e princípios básicos da Mecânica e das Ondas, como massa,***

*energia, trabalho, oscilações e ondas, através de uma perspectiva integradora dos mesmos; 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: Quantitatively predict the consequences of a variety of physical phenomena with calculatory tools. Ensure advanced and thorough scientific training in a fundamental field of Physics, hence allowing for disciplinary or interdisciplinary approaches to innovation.*

*Specific: Ability to understand and interconnect the concepts and basic principles of classical Mechanics and Waves, such as mass, energy, work, oscillations and waves, through an integrative perspective; ability to apply them to problem solving, particularly in what concerns their technological applications.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*1.Cinemática: vetores posição, velocidade e aceleração; movimentos retilíneo e circular.*

*2.Forças e referenciais: movimento relativo; inércia; leis de conservação e simetrias espaço-tempo.*

*3.Trabalho e energia: energia cinética; forças conservativas; energias potencial e mecânica; conservação de energia e invariância no tempo.*

*4.Momento linear: sistema de partículas e centro de massa; conservação do momento linear e invariância de translação; colisões.*

*5.Momentos angular e de força: binário; condições de equilíbrio.*

*6.Gravitação: leis de Kepler e forças centrais; conservação do momento angular e isotropia do espaço.*

*7.Corpo rígido: momento de inércia; estática; translação e rotação.*

*8.Oscilações: harmónicas simples, com atrito e forçadas; ressonância.*

*9.Ondas: sinusoidais e parâmetros característicos; transversais e longitudinais, estacionárias (corda vibrante), planas e esféricas; batimentos; princípio de Huyguens; reflexão, refração e dispersão; interferências e difração.*

**4.4.5. Syllabus:**

*1.Kinematics: position, velocity and acceleration vectors; rectilinear and circular motions.*

*2.Forces and frames: relative motion; inertia principle; conservation laws and space-time symmetries.*

*3.Work and energy: kinetic energy; conservative forces; potential and mechanical energies; energy conservation and time invariance.*

*4. Linear momentum: particle system and center of mass; conservation of linear momentum and translation invariance; collisions.*

*5. Angular momentum and torque: torque; equilibrium conditions.*

*6.Gravitation: Kepler's laws and central forces; conservation of angular momentum and space isotropy. 7. Rigid body: moment of inertia; static; translation and rotation.*

*8.Oscillations: simple harmonic, damped and forced; resonance.*

*9.Waves: sinusoidal and characteristic parameters; transverse and longitudinal, stationary (vibrating rope); plane and spherical waves; beats; Huyguens principle; reflection, refraction and dispersion; interference and diffraction.*

**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 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 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:**

*Physics for Global Scientists and Engineers (vols 1 and 2), Serway, Jewett, Wilson, Wilson and Rowlands, 2017, ISBN10: 1-4737-5721-5; Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway, J. W. Jewett, 2004, ISBN: 0-53-440842-7*

#### Mapa IV - Materiais Cerâmicos

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Materiais Cerâmicos*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Ceramic Materials*

**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:**

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

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12456, Maria Clara Henriques Baptista Gonçalves, 28h TP + 11,2h PL*

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

*ist12589, Luís Filipe Silva Santos, 7h TP + 2,8h PL*

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

*Pretende-se que os alunos se familiarizem com os aspectos básicos da Ciência de Vidros e de Cerâmicos, designadamente a estrutura e propriedades destas duas classes de materiais.*

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

*Students should become familiar with the basic concepts of Science of Glass and Ceramics, namely the structure and*

*properties of these two classes of materials.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

##### **Cerâmicos**

*Estrutura cristalina de cerâmicos; defeitos estruturais.*

*Diagramas de fase ternários.*

*Microestrutura: nucleação e crescimento de grão.*

*Sinterização, recristalização e crescimento de grão.*

*Propriedades mecânicas.*

*Prop. térmicas.*

*Propriedades eléctricas, dieléctricas e magnéticas.*

*Cerâmicos avançados*

##### **Vidros Inorgânicos**

*Estrutura atômica dos vidros inorgânicos.*

*Teorias da formação de vidros; separação de fases amorfas; vidros cerâmicos e fotocromicos.*

*Recozimento e têmpera.*

*Propriedades térmicas (viscosidade e transição vítrea).*

*Propriedades eléctricas, dieléctricas e magnéticas.*

*Propriedades ópticas: refração e dispersão; absorção; luminiscência.*

*Lasers, fibras ópticas.*

#### 4.4.5. Syllabus:

##### **Ceramics**

*Ceramics structure: structural defects.*

*Ternary phase diagrams.*

*Microstructure: nucleation and crystal growth.*

*Sintering, recrystallization.*

*Mechanical properties.*

*Thermal properties.*

*Electric, dielectric and magnetic properties.*

*Advanced ceramics.*

##### **Inorganic Glasses**

*Atomic structure of inorganic glasses.*

*Glass forming theories: glass phases separation: ceramic glasses: photocromic glasses.*

*Annealing and quenching.*

*Thermal properties (viscosity, glass transition).*

*Electrical, dielectric and magnetic properties.*

*Optical properties:refraction and dispersion; absorption; luminiscence.*

*Lasers, optical fibres.*

#### 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 continua (resolução autónoma de problemas/casos em Ciência de Vidros e Cerâmicos): 25%*

*Laboratório (2 mini-relatórios): 15%*

*Seminário (apresentação oral de um novo material /uma nova aplicação de Cerâmico ou Vidro):15%*

*Exame: 45%*

*Nota positiva obrigatória em todas as componentes de avaliação contínua.*

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

*Continuous evaluation (autonomous problem solving in Glass and Ceramic science): 25%*

*Lab (2 mini-reports): 15%*

**Seminar (oral presentation of new material / new application of Ceramic or Glass): 15%**  
**Exam: 45%.**

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

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

**4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:**  
*Physical Ceramics: Principles for Ceramic Science and Engineering, Y.M. Chiang, D.P. Birnie, III and W.D. Kingery, 1997, John Wiley & Sons, New York ; Introduction to Ceramics, W.D.Kingery, H.K.Bowen and D.R. Uhlmann, 1976, 2nd ed., Wiley-Interscience, New York ; Fundamentals of Inorganic Glasses, A.K. Varshneya, 2006, Academic Press, New York, (1994). (Também a 2ª ed., 2006).; Introduction to Glass Science and Technology , J.E. Shelby, 2005, RSC Paperbacks, Cambridge, U.K. (1997). (Também a 2ª ed., ICG, 2005).*

#### **Mapa IV - Computação e Programação**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**  
*Computação e Programação*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**  
*Computation and Programming*

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

**4.4.1.3. Duração:**  
*Semestral*

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

**4.4.1.5. Horas de contacto:**  
*T-28; PL-28*

**4.4.1.6. ECTS:**  
*6.0*

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

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

**4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**  
*ist13222, Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro, 9,5T + 9,5PL*

**4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**  
*ist12220, Francisco Miguel Alves Campos de Sousa Dionísio, 9T + 9PL*  
*ist30513, Yasser Omar , 9,5T + 9,5PL*

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

*Compreender a noção de algoritmo. Dominar os conceitos da programação imperativa e recursiva, e sua utilização em ambiente computacional interativo. Desenvolver aplicações recorrendo a técnicas de modularização por abstracção de dados.*

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

*Understand the notion of algorithm. Master the concepts of imperative and recursive programming, and their use in an interactive computing environment. Develop applications using modularization and data abstraction techniques.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução à programação em sistema interativo (MatLab) de cálculo, manipulação e visualização de dados.*

*Introdução à programação usando linguagem apropriada (Python). Conceitos básicos da programação imperativa e recursiva; ciclos; recursão e iteração; definição de funções e procedimentos; variáveis, tipos e atribuições; efeitos colaterais; passagem de parâmetros. Outros paradigmas de programação: objecto e classe, programação funcional, encapsulamento e abstracção. Exemplos: aplicações numéricas e manipulação de vectores e matrizes, ordenação e pesquisa binária. Programação em grande escala: programação modular por camadas centrada nos dados.*

*Mecanismos de modularização. Exemplos: torres de Hanoi sobre pilhas, implementações estáticas e dinâmicas, filas e árvores. Aplicações: matrizes esparsas, simulação estocástica, optimização linear, biocomputação. Projecto adaptado ao domínio de especialidade.*

**4.4.5. Syllabus:**

*Introduction to programming in interactive system (MatLab) for numeric and symbolic computation, and data manipulation and visualization. Introduction to programming using a language suited to the intended domain of application (Python). Basic concepts of imperative and recursive programming; cycles; recursion and iteration; functions and procedures; variables, types and assignment; side-effects; parameter passing. Other programming paradigms: objects and classes, notions of functional programming, encapsulation and abstraction. Examples: numeric applications, manipulation of vectors and matrices, sorting and binary search. Large-scale programming: modularization and data abstraction. Examples: towers of Hanoi over stacks, static and dynamic implementations, queues and trees. Applications: sparse matrices, discrete event simulation, linear optimization, biocomputing. Project suited to the intended domain of specialization.*

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

*Atendendo aos objetivos de aprendizagem da UC às metodologias de avaliação, os pontos dos conteúdos programáticos visam dotar os alunos com os conhecimentos e competências necessárias ao seu cumprimento e à aquisição dos referidos objetivos.*

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

*Taking into account the expected learning outcomes of the UC and the evaluation methods, the syllabus envisages precisely giving the students the necessary knowledge and competences.*

**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 Testes/Exame 50% e Projeto 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 Tests/Exam 50% and Project 50%.*

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

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

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

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

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

*Introduction to Computation and Programming Using Python, John V. Guttag, 2013, MIT Press; Introdução à Programação em Python, C. Caleiro, J. Ramos, 2016, DMIST; Programação em Python: Introdução à programação utilizando múltiplos paradigmas, J. P. Martins, 2015, IST Press; Think Python: How to think like a computer scientist, A. Downey, 2012, Green Tea Press; Learning Python (5th edition), M. Lutz, 2013, O'Reilly Media; MATLAB Programming for Engineers, S. Chapman, 2015, 5th ed., CL Engineering; Introdução à Programação em MATLAB, J. Ramos, A. Sernadas, P. Mateus, 2005, DMIST*

#### Mapa IV - Comportamento Mecânico de Materiais II

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

*Comportamento Mecânico de Materiais II*

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

*Mechanical Behaviour of Materials II*

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

*PMME*

##### 4.4.1.3. Duração:

*Semestral*

##### 4.4.1.4. Horas de trabalho:

*168.0*

##### 4.4.1.5. Horas de contacto:

*TP-35; PL-14*

##### 4.4.1.6. ECTS:

*6.0*

##### 4.4.1.7. Observações:

*<sem resposta>*

##### 4.4.1.7. Observations:

*<no answer>*

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

*ist12080, Alberto Eduardo Morão Cabral Ferro, 28TP*

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

*ist11630, Luís Manuel Guerra da Silva Rosa, 7 TP + 14PL*

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

*O principal objectivo é a compreensão dos aspectos fenomenológicos do comportamento plástico e de ruína mecânica dos materiais e a sua relação com a estrutura do material e os mecanismos de deformação.*

*Os alunos deverão saber utilizar o conhecimento de estado de tensão, de estrutura e defeitos de materiais para compreender, descrever e prever os fenómenos de deformação plástica e ruína (desenvolvimento e propagação de fendas), à escala atómica e microscópica, de forma a interpretar esses fenómenos do ponto de vista macroscópico. Os alunos deverão ser capazes de realizar vários tipos de ensaios mecânicos destrutivos e não destrutivos e interpretar os resultados obtidos.*

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

*The main objective of this CU is the understanding of the phenomenological aspects of the plastic behaviour and mechanical failure of materials and their relation to the materials structure and deformation mechanisms.*

*Students should be able to use their knowledge of stress state, structure and materials defects to understand, describe, and predict plastic deformation and failure (development and propagation of cracks) phenomena, at the atomic and microscopic scale, so that they can interpret those phenomena at the macroscale. Students should be able to carry out*

*several types of destructive and non-destructive mechanical tests and to interpret the results therein obtained.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Resistência teórica à cedência plástica. Comportamento plástico e deslocamentos. Fenómenos de instabilidade plástica. Deformação plástica de monocristalinos: efeito da estrutura, orientação, temperatura e taxa de extensão. Maclagem. Deformação plástica de policristais. Constrangimento plástico. Mecanismos de aumento da resistência à deformação plástica. Casos de estudo. Resistência teórica à fractura. Fendas e mecânica da fractura linear elástica. Modos de propagação de fendas. Mecanismos dissipativos. Tenacidade à fractura. Casos de estudo. Ruína por Fadiga. Caracterização da solitação. Propagação de fendas em fadiga. Curvas S-N. Fadiga oligocíclica e hiper-cíclica. Casos de estudo. Fluência. Deformação a elevadas temperaturas homólogas. Variação da taxa de extensão com a tensão e a temperatura. Mapas de deformação. Recuperação e recristalização estática e dinâmica. Superplasticidade. Casos de Estudo. Ensaio Mecânicos destrutivos e não destrutivos; normas de ensaio. Fractografia.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Theoretical resistance to plastic deformation. Plastic behaviour and dislocations. Plastic instability phenomena. Plastic deformation of single-crystals: effect of structure, orientation, temperature and strain rate. Twinning. Plastic deformation of polycrystals. Plastic constrain. Plastic reinforcement mechanisms. Case studies. Theoretical resistance to fracture. Cracks and linear elastic fracture mechanics. Crack propagation modes. Dissipative mechanisms. Fracture toughness. Case studies. Fatigue failure. Fatigue characterization. Fatigue crack growth. S-N curves. Oligo cycle and hyper-cycle fatigue. Case studies. Creep. Deformation at high homologous temperatures. Creep strain rate variation with stress and temperature. Deformation maps. Recovery and recrystallization static and dynamic. Superplasticity. Case studies. Destructive and non-destructive mechanical testing; standards for testing. Fractography.*

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

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

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

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

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

*A metodologia de ensino basear-se-á na supervisão do trabalho autónomo dos alunos e na transferência de conceitos teóricos e práticos fundamentais relativos aos conteúdos programáticos da unidade curricular. A metodologia de ensino proposta fomenta a aprendizagem baseada na resolução autónoma de problemas e por projecto, individual e em grupo, 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, individual e em grupo, baseados na realização autónoma de 4 trabalhos laboratoriais. O trabalho laboratorial esta organizado em fases que incluem: 1. Proposta do trabalho e validação; 2. Realização laboratorial, análise e discussão de resultados e sua validação; 3. Apresentação pública e discussão. A componente de avaliação contínua corresponde a 50% do processo de avaliação.*

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

*The teaching methodology is based on the supervision of the autonomous work of the students. It's also based on the transfer of main theoretical and practical concepts supported by case studies and laboratory work. This approach will allow the fulfilment of the curricular unit objectives, to enhance the development of the students and its ability to carry out autonomous studies on the subject. Further, it will allow students with different backgrounds and formations to attain the competence level and knowledge expected for this curricular unity.*

*Exam: 50%; Presentation and discussion of Laboratory work: 50%*

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

*A metodologia de ensino atrás referida, baseada na supervisão e trabalho autónomo dos alunos, permitirá cumprir os objetivos desta unidade curricular, potenciar o desenvolvimento dos alunos e a sua capacidade de realizar estudos*



**sobre o tema com autonomia. Permitirá ainda que estudantes com diferentes proveniências e formações atinjam o nível de competências e conhecimentos previstos para a unidade curricular.**

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

***The teaching methodology previously referred, based on supervision and autonomous work of the students, will allow the fulfilment of the curricular unit objectives, to enhance the development of the students and its ability to carry out studies on the subject with autonomy. Further, it will allow students with different backgrounds and formations to attain the competence level and knowledge expected for this curricular unity.***

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

***"Mechanical Behavior of Materials", T.H. Courtney, 2005, Waveland Press, 2nd Edition;  
"Mechanical Metallurgy", G. E. Dieter and D. Bacon, 1988, McGraw Hill, 3rd Edition.***

**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:**

***TP 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, 0h.***

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

***ist13372, Sílvia Nogueira da Rocha Ravasco dos Anjos, 56TP***

**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.*

*Greens'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.;*
- \* *Integrais 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 - Caracterização Espectroscópica e Análise Térmica**

**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Caracterização Espectroscópica e Análise Térmica*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Spectroscopic Characterization and Thermal Analysis*

**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:**

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

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12589, Luís Filipe da Silva dos Santos, 7h TP + 7h PL*

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

*ist12604, José Carlos Garcia Pereira, 7h TP + 7h PL*

*ist90102, Carlos Baleizão, 3,5h TP + 7h PL*

*ist12794, Ana Paula Vieira Soares Pereira Dias, 3,5h TP + 7h PL*

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

*O aluno deverá adquirir conhecimentos teóricos e práticos sobre diversos métodos espectroscópicos e de análise térmica na caracterização de materiais.*

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

*O aluno deverá adquirir conhecimentos teóricos e práticos sobre os métodos espectroscópicos e de análise térmica na caracterização de materiais.*

**4.4.5. Conteúdos programáticos:****1. ANÁLISE TÉRMICA**

*DTA, DSC, TGA, DMA, TMA. Princípios, equipamento, aplicações e limitações. Estudo de casos.*

**2. ESPECTROSCOPIAS ÓTICAS****2.1 Introdução à espectroscopia.**

*2.2 UV-Visível: Lei de Lambert-Beer. Calibração. Instrumentação. Estudo de casos.*

*2.3 Infravermelho: Espectrómetros dispersivos e de transformada de Fourier. Preparação de amostras. DRIFTS, Reflexão especular, ATR, microespectroscopia. Interpretação de espectros. Estudo de casos.*

*2.4 Raman: Princípios, equipamento, aplicações e limitações. Estudo de casos.*

**3. ESPECTROSCOPIAS DE SUPERFÍCIE**

*Efeito fotoelétrico. Desvio químico. Mapas de Auger. Perfis de composição em profundidade. Instrumentação, aplicações e limitações. Estudo de casos.*

**4. FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X**

*Princípios. Exemplos de aplicação.*

**5. ESPECTROMETRIA DE MASSA**

*Tipos de ionização. Instrumentação. Interpretação de resultados. Estudo de casos.*

**6. ESPECTROSCOPIA DE RMN**

*Princípio, equipamentos, aplicações e limitações. RMN de polímeros em solução e de sólidos.*

**4.4.5. Syllabus:****1. THERMAL ANALYSIS**

*DTA, DSC, TGA, DMA, TMA. Principles, equipment, applications and limitations. Case Studies.*

**2. OPTICAL SPECTROSCOPIES****2.1 Introduction to spectroscopy.**

*2.2 UV-Visible: Lambert-Beer's Law. Calibration. Instrumentation. Case Studies.*

*2.3 Infrared: Dispersive and Fourier transform spectrometers. Sample preparation. DRIFTS, Specular reflection, ATR, microspectroscopy. Spectrum interpretation. Case Studies.*

*2.4 Raman: Principles, equipment, applications and limitations. Case Studies.*

**3. SURFACE SPECTROSCOPIES**

*Photoelectric effect. Chemical shift. Auger maps. In-depth composition profiles. Instrumentation, applications and limitations. Case Studies.*

**4. X-RAY FLUORESCENCE**

*Principles. Application examples.*

**5. MASS SPECTROMETRY**

*Types of ionization. Instrumentation. Interpretation of results. Case Studies.*

**6. NMR SPECTROSCOPY**

*Principle, equipment, applications and limitations. NMR of polymers in solution and solid state NMR.*

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

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

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

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

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

*Exame Final: 50%*

*Avaliação contínua: 50%*

*A componente de avaliação contínua consiste na realização de trabalho laboratorial em grupo (3 alunos/grupo) com elaboração, apresentação e discussão de relatórios.*

*A nota mínima de cada componente é de 9.5 valores.*

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

*Final Exam: 50%*

*Continuous assessment: 50%*

*The continuous assessment component consists of laboratory group work (3 students/group) with preparation, presentation and discussion of the report.*

*The minimum score for each component is 9.5 points.*

**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:**

*Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, Yang Leng, 2013, 2nd Ed, Yang Leng, WileyVCH;*  
*Characterization of Materials (2nd edition), Elton N. Kaufmann (editor) , 2012, John Wiley and Sons;*  
*Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach , Brian Smith, 1998, CRC Press;*  
*Surface Analysis - The Principal Techniques, John C. Vickerman (Editor), Ian S. Gilmore (Editor) , 2009, 2nd Ed, Wiley*

#### 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:**

*TP 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, 0h*

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

*ist13317, Pedro Alves Martins Rodrigues, 56h TP*

**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 vetoriais 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 vetoriais. 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 - Química****4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

*Química*

**4.4.1.1. Title of curricular unit:**

*Chemistry*

**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:**

*T-28; TP-14; PL-14*

**4.4.1.6. ECTS:**

*6.0*

**4.4.1.7. Observações:**

*<sem resposta>*

**4.4.1.7. Observations:**

*<no answer>*

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

*ist12556, João Luis Alves Ferreira da Silva, 28h T + 14h P + 14h L*

**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 UC destina-se a um agrupamento de cursos que inclui no seu plano curricular várias UCs de Química ou que exigem conhecimentos de base de Química.*

*Pretende-se que os alunos adquiram conhecimento de como e porquê os átomos se combinam, formando moléculas e estruturas mais complexas, e de como a sua composição e estrutura afeta as respetivas propriedades (relações estrutura-propriedade).*

*Este objetivo é atingido através da inclusão de temas novos e atuais, mas também de "Case-studies" dos tópicos focados, que motivam os alunos para a importância dos mesmos em diversas áreas da Engenharia, nomeadamente nas áreas referentes aos cursos em causa.*

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

*This CU is intended for a group of courses that include in their curriculum several Chemistry CUs or that require basic knowledge of Chemistry.*

*Students are expected to gain knowledge of how and why atoms combine to form more complex molecules and*

*structures, and how their composition and structure affects their properties (structure-property relationships). This objective is achieved through the inclusion of new and current topics, as well as Case-studies on specific subjects, that motivate students to their importance in various areas of Engineering, namely those related to their respective undergraduate courses.*

#### 4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Introdução ao Modelo quântico do átomo.*

*Propriedades periódicas dos elementos.*

*Ligação Química em Moléculas Diatómicas – Teoria das Orbitais Moleculares.*

*Introdução à espectroscopia de visível, UV e IV. Processos Fotoquímicos elementares*

*Ligação Química em Moléculas poliatômicas – Teoria do Enlace de Valência.*

*Forças Intermoleculares e propriedades de compostos covalentes*

*Polímeros: Estrutura e morfologia. Reações de polimerização, Degradação térmica, fotoquímica e química.*

*Metais: Estruturas. Ligação metálica segundo a TOM: Teoria das bandas. Ligas.*

*Sais Iónicos – Estruturas. Energia Reticular.*

*Cristais Covalentes - Ligação segundo a TOM: Teoria das bandas.*

*Introdução às propriedades elétricas.*

*Cinética e Termodinâmica Química.*

*Reações Ácido-Base e de Dissolução.*

*Reações de Oxidação-Redução. Eletroquímica.*

*Corrosão.*

*Aplicações ao curso de Engenharia em causa.*

#### 4.4.5. Syllabus:

*Introduction to the quantum model of the atom.*

*Periodic properties of elements.*

*Chemical Bonding in Diatomic Molecules - Molecular Orbital Theory.*

*Introduction to Visible, UV and IR spectroscopy. Elementary photochemical processes*

*Chemical Bonding in Polyatomic Molecules - Valence Bond Theory.*

*Intermolecular Forces and Properties of Covalent Compounds.*

*Polymers: Structure and morphology. Polymerization reactions, Thermal, photochemical and chemical degradation.*

*Metals: Structures. Molecular Orbital Theory applied to metal bonds: Band theory. Metal Alloys.*

*Ionic Salts - Structures. Lattice Energy.*

*Covalent Crystals - Molecular Orbital Theory: Band Theory.*

*Introduction to electrical properties.*

*Kinetics and Chemical Thermodynamics.*

*Acid-Base and Dissolution Reactions.*

*Oxidation-Reduction Reactions. Electrochemistry.*

*Corrosion.*

*Applications to different Engineering Courses.*

#### 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. São fornecidas as bases teóricas, os conceitos essenciais e exemplos de aplicação prática e laboratorial, solicitando-se aos alunos o estudo dos conteúdos, a resolução de exercícios de aplicação e racionalização/interpretação dos resultados laboratoriais.*

*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. Theoretical background, essential concepts and examples of practical and laboratory applications are provided, the students being asked to study the contents, solve application exercises and rationalize/interpret laboratory 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):

*As metodologias de ensino pretendem fomentar a aprendizagem baseada em resolução de problemas e na realização de trabalhos laboratoriais de ilustração dos conteúdos programáticos, 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, trabalhos de casa, fichas práticas e laboratoriais, etc) compatível com a redução significativa do peso de avaliação por exames (50%).*



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

*The teaching methodologies aim to foster learning based on problem solving and on carrying out laboratory work to illustrate the syllabus, 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 (e.g. homework, practical and laboratory worksheets, etc.) compatible with the significant reduction in the weight of assessment by exams (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 teórico-práticas 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 methodology will be based on the transfer of theoretical and practical concepts through the intensive use of theoretical-practical classes and experimental work in the laboratory. This approach will not only fulfill the objectives but will also help to level the knowledge of students with different origins and backgrounds.*

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

- *Chemistry, Raymond Chang and Jason Overby, 2019, 13th Edition, McGraw-Hill;*
- *General Chemistry for Engineers, Jeffrey S. Gaffney and Nancy A. Marley, 2018, Elsevier;*
- *Apontamentos das Aulas Teóricas de Química, Corpo docente, 2019, AEIST*

**4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem****4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:**

*Várias estratégias estão previstas (ver 4.7) e muitas já foram implementadas, nomeadamente:*

- *introdução/reforço de unidades curriculares (UC) baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, com um maior envolvimento dos estudantes na sala de aula e em processos de avaliação mútua e feed-back;*
- *reforço da utilização de ferramentas e plataformas digitais (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) que permitem um feedback instantâneo, assim como aprendizagem à distancia e avaliação;*
- *integração de estudantes no âmbito de projectos interdisciplinares/multidisciplinares, em institutos de investigação e/ou empresas;*
- *creditação de actividades extracurriculares, valorizando projectos multidisciplinares, organização de jornadas, cursos/ estágios de Verão, etc, que permitem o desenvolvimento de competências transversais;*
- *reforço da avaliação continua 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 / reinforcement of curricular units (UC) based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on, aiming at a greater involvement of students in the classroom in mutual evaluation processes and feed-back;*
- *reinforcement of the use of digital tools and platforms (e.g. mooc.tecnico.ulisboa.pt) that allow instant feedback, as well as e-learning and evaluation;*
- *integration of students in interdisciplinary / multidisciplinary projects, in research institutes and / or companies;*
- *accreditation of extracurricular activities, namely, multidisciplinary projects, organization of days, summer courses / internships, etc., which allow the development of transversal skills;*
- *reinforcement of continuous assessment with the significant reduction (<50%) of the weight of the evaluation by exams.*

**4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:**

*No âmbito do preenchimento dos inquéritos QUC (Qualidade das Unidades Curriculares) os estudantes têm de preencher uma questão relativa à carga de trabalho relativa a cada UC. A informação obtida a partir de todos os estudantes de cada UC é compilada e tratada para comparar a carga prevista com a carga estimada pelos estudantes. Quando há um grande desajuste entre a carga estimada e a carga prevista (superior a 1,5 ECTS) a situação é analisada no âmbito da Comissão QUC do Conselho Pedagógico. Nos casos em que se justifique é estabelecido um plano de*

**acção 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 efectuadas reuniões de coordenação dos vários cursos, de forma a calendarizar o trabalho exigido aos estudantes ao longo dos semestres lectivos e dos períodos de avaliação, pretendo-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 lectivo/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):**

*Existem diversas UCs da LEMat que proporcionam aos estudantes a participação em atividades de investigação, através da realização de monografias e da sua participação em trabalhos experimentais realizados em ambiente laboratorial, com a posterior elaboração de relatórios e a respetiva discussão dos resultados obtidos.*

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

*There are several courses of the LEMat program that provide students with participation in research activities, through the elaboration of monographs and their participation in experimental work carried out in a laboratory environment, with the subsequent preparation of reports and their discussion of the results obtained.*

## **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 objectivos definidos para este ciclo de estudos no ensino universitário, entendeu-se estabelecer para a licenciatura em Engenharia de Materiais, à semelhança de outros ciclos similares da unidade orgânica, um total de 180 créditos ECTS, decorrendo ao longo de seis semestres lectivos.*

**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 for the degree of bachelor in Materials Engineering, 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 actualização 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 reflectidas no documento PERCIST- “Princípios enquadramentos para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 21-22”.*

*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 2021-2022.*

*As principais medidas que vão ser implementadas e que foram incorporadas na reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclos do IST são aqui apresentadas de forma genérica:*

- *Reconhecimento da importância da formação de base sólida em Ciências de Engenharia;*
- *Alteração para UCs de 12, 9, 6 e 3 unidades do Sistema europeu de transferência e acumulação de créditos (ECTS);*
- *Aumento generalizado da flexibilidade curricular a nível de 1º ciclo com a criação de pre-major (até 12ECTS), e no 2º ciclo com a oferta de opções livres (18-30ECTS);*
- *Criação de minors coerentes de 18 ECTS, ao nível do 2.º ciclo, numa área de formação complementar e multidisciplinar, que pode ser intra- ou interdepartamental;*
- *Criação/reforço de projetos integradores e interdisciplinares que envolverá trabalho preferencialmente em equipa e podendo ter por base problemas e desafios reais: i) num projeto tipo Capstone ii) numa Unidade de Investigação, ou iii) em ambiente empresarial (UC “Projeto Integrador de 1º ciclo (PIC1));*
- *A nível de 2º ciclo, a dissertação de mestrado poderá ser enquadrável também em uma de três modalidades: i) tese científica, ii) projeto em empresa e ii) projeto CAPSTONE, potenciando a interdisciplinaridade.*
- *Reconhecimento curricular de atividades extracurriculares;*
- *Introdução da formação em Humanidades, Artes e Ciências Sociais (HASS);*
- *Reforço das competências transversais integradas nas unidades curriculares;*
- *Reforço das valências em computação e programação;*
- *Aumento da formação em empreendedorismo e inovação*
- *Mudança de paradigma de ensino com introdução/reforço de unidades curriculares baseadas em Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on;*

*Informação mais detalhada sobre algum destes aspectos poderá ser disponibilizada e consultada em: Relatório CAMEPP e documento PERCIST.*

**4.7. Observations:**

*Técnico established, as one of its priorities, the reshaping of its teaching model and pedagogical practices to today's world. In this context, it started a process of analysis and reflection on its teaching model and pedagogical practices, aiming to define the guidelines for a reorganization of the courses curricula and pedagogical model in the School. In January 2018, the "Comissão de Análise do Modelo de Ensino e Práticas Pedagógicas - CAMEPP" was set up, mandated by the School bodies, to rethink the IST's pedagogical training model. This analysis resulted in a set of measures regarding the curricular structure, organization, philosophy, and pedagogical practices, which are reflected in the document PERCIST "Princípios enquadradores para a reestruturação dos cursos de 1º e 2º ciclo do Instituto Superior Técnico 21-22".*

*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 2021-2022.*

*The main measures that are going to be implemented, and that were incorporated in IST's 1st and 2nd cycle courses, are presented here in a generic way:*

**Recognition of the importance of solid training in Engineering Sciences;**

- **Change to UCs of 12, 9, 6 and 3 units of the European credit transfer and accumulation system (ECTS);**
- **Increased of curricular flexibility at the 1st cycle level with the creation of pre-major curricular units (up to 12ECTS), and in the 2nd cycle with curricular units as free options (18-30ECTS);**
- **Creation of coherent minors of 18 ECTS, at the level of the 2nd cycle, in an area of complementary and multidisciplinary training, which can be intra- or interdepartmental;**
- **Creation / reinforcement of integrative and interdisciplinary projects that will involve preferably team work and may be based on real problems and challenges: i) in a Capstone project ii) in a Research Unit, or iii) in a business environment (UC "Projeto Integrador de 1st cycle (PIC1));**
- **At the 2nd cycle level, the master's dissertation may also fit into one of three types: i) scientific thesis, ii) company project and ii) CAPSTONE project, enhancing interdisciplinarity.**
- **Curricular recognition of extracurricular activities;**
- **Introduction of training in Humanities, Arts and Social Sciences (HASS);**
- **Reinforcement of transversal competences integrated in the curricular units;**
- **Reinforcement of computing and programming skills;**
- **Increased training in entrepreneurship and innovation**
- **Changing the teaching paradigm with the introduction / reinforcement of curricular units based on Project-Based Learning, Research-Based Learning, Problem-Based Learning, Client-Based Learning, Hands-on;**

*More detailed information on any of these aspects can be made available and consulted: CAMEPP report and PERCIST document.*

## 5. Corpo Docente

### 5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

---

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

*Maria Emília da Encarnação Rosa \_ Professora Associada no Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do IST*  
*José Paulo Sequeira Farinha - Professor Associado no Departamento de Engenharia Química (DEQ) do IST*

### 5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

---

#### 5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação / Information
-------------	----------------------	---------------	---------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------------

José Nuno Aguiar Canongia Lopes	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Gonçalves Barreira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Matemática	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Miguel Ângelo Joaquim Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	0	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Luís Alves Ferreira da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Fernandes Teixeira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMÁTICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Manuel Vergueiro Monteiro Cidade Mourão	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Jorge Lopes da Cruz Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA METALURGICA E DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Filipe de Barros Duarte Fonseca	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Miguel Gomes Abrunhosa Amaral	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Alves Martins Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Manuel Guerra da Silva Rosa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA MECANICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Paula Vieira Soares Pereira Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Paula Valagão Amadeu do Serro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alda Maria Pereira Simões	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Miguel Calisto Baleizão	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Simões Cristina de Freitas	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Vítor Manuel Gerales Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Filipe Da Silva dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Manuel Atalaia Carvalho Serra	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Teresa Nogueira Leal da Silva Duarte	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Pereira de Quintanilha e Mendonça Dias Torres Magalhães	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Amélia Martins de Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia de Materiais	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Gonçalo Nuno Marmelo Foito Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	FÍSICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Clara Henriques Baptista Gonçalves	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA METALURGICA E DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Eduardo Jorge Morilla Filipe	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Yasser Rashid Revez Omar	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Ana Clara Lopes Marques	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciência e Engenharia de Materiais	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Francisco Miguel Alves Campos de Sousa Dionísio	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Sílvia Nogueira da Rocha Ravasco dos Anjos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Agostinho De Oliveira Soares	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Paulo Sequeira Farinha	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António Manuel Pacheco Pires	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA APLICADA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Emília Da Encarnação Rosa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA METALURGICA E DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Alberto Eduardo Morão Cabral Ferro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	CIÊNCIA DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
José Carlos Garcia Pereira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA DE MATERIAIS	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Adélia da Costa Sequeira dos Ramos Silva	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	MATEMATICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Carlos Manuel Ferreira Monteiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Paulo Nunes Cabral Telo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Rui Pedro Salgado Paiva Calado	Assistente Estagiário ou equivalente	Mestre	Engenharia Física Tecnológica	33	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Isabel Da Conceição Santos Reis dos Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luís Filipe Coelho Veiros	Professor Associado ou equivalente	Doutor	QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
João Carlos Salvador Fernandes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	ENGENHARIA QUIMICA	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
				<b>4133</b>	

<sem resposta>

#### 5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

##### 5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

###### 5.4.1.1. Número total de docentes.

43

###### 5.4.1.2. Número total de ETI.

41.33

##### 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: 41 99.201548511977

#### 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):	41	99.201548511977

#### 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	24	58.069199128962 41.33
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	1	2.4195499637068 41.33

#### 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	40	96.78199854827 41.33
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	1	2.4195499637068 41.33

#### Pergunta 5.5. e 5.6.

##### 5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

*A avaliação do desempenho do pessoal docente do IST assenta no sistema multicritério definido no "Regulamento de Avaliação de Desempenho dos Docentes do Instituto Superior Técnico" (Despacho n.º 3855/2017, DR 2ª série, n.º 88 de 8 de maio de 2017, que actualiza o Despacho n.º 262/2013, DR, 2ª série, n.º 4, de 7 de janeiro de 2013, e o despacho n.º 4576/2010, DR 2ª Série, n.º 51 de 15 de março), sendo aplicado a cada docente individualmente e é aplicado nos períodos estipulados por Lei.*

*Permite a avaliação quantitativa da atuação do pessoal docente nas diferentes vertentes, e reflete-se nomeadamente sobre a distribuição de serviço docente regulamentada pelo Despacho Reitoral n.º 8985/2011 (DR, 2ª Série, N.º 130 de 8 de julho).*

##### 5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

*Performance assessment of IST teaching-staff relies on the*

*multi-criteria system defined in the "Regulations of Performance of IST Teaching-staff" (Rectoral Order 3855/2017 Government Journal 2nd Series, No 88 of May 8, that updates the Rectoral Order 262/2013 Government Journal 2nd Series, No 4 of January 7 and the Rectoral Order 4576/2010, Government Journal 2nd Series, No. 51 of 15 March), which is applied to each professor individually and for periods established under the law. It allows for the quantitative assessment of the performance of the teaching staff in different strands and is reflected particularly on the allocation of the teaching duties, which is governed by the Rectoral Order 8985/2011 (Government Journal, 2nd Series, No. 130 of 8th July).*

5.6. Observações:  
<sem resposta>

5.6. Observations:  
<no answer>

## 6. Pessoal Não Docente

### 6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à leção do ciclo de estudos.

*A identificação dos funcionários não-docentes (FND) afetos à LEMat não é fácil de estabelecer porque a organização do IST prevê a afetação de FND a departamentos e não a cursos, estando muitos funcionários a dar apoio a diversos cursos. Os serviços de apoio à LEMat dividem-se pela Área Académica, o Núcleo de Apoio ao Estudante (NAPE), a Direcção dos Serviços de Informática (DSI) e a Biblioteca.*

*Sendo a LEMat da responsabilidade dos Departamentos de Engenharia Mecânica (DEM) e de Engenharia Química (DEQ), o apoio administrativo é prestado por um funcionário em cada um destes departamentos, que, no entanto, não se dedicam a tempo inteiro à LEMat, já que aqueles departamentos são responsáveis por vários cursos.*

*Em relação aos técnicos de laboratório: no DEQ, há um técnico de laboratório que se dedica exclusivamente ao ensino de Materiais (licenciatura e mestrado), enquanto que no DEM, há um técnico de laboratório que dá apoio a vários cursos*

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

*The identification of non-teaching staff (FND) assigned to LEMat is not easy to establish because the IST organization provides for the allocation of FND to departments and not to courses, with many employees supporting various courses. LEMat support services are divided by the Academic Area, the Student Support Center (NAPE), the Directorate of Computer Services (DSI) and the Library.*

*Since LEMat is the responsibility of the Departments of Mechanical Engineering (DEM) and Chemical Engineering (DEQ), administrative support is provided by an employee in each of these departments, who, however, are not dedicated full time to LEMat, since those are responsible for several courses.*

*In relation to laboratory technicians: in DEQ, there is a laboratory technician who is dedicated exclusively to the teaching of Materials (bachelor's and master's degree), while in DEM, there is a laboratory technician who supports several courses*

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

*A qualificação do pessoal não-docente é a seguinte:*

*Apoio administrativo - Licenciatura (DEQ) e 12º ano (DEM)*

*Técnicos de laboratório - 12º ano (DEQ e DEM)*

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

*The qualification of non-teaching staff is as follows:*

*Administrative support - Bachelor's Degree (DEQ) and 12th year (DEM)*

*Laboratory technicians - 12th year (DEQ and DEM)*

### 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.):

*Aulas teóricas e práticas: em salas de aula, no Campus Alameda do IST, dotadas de modernos recursos multimédia. Aulas laboratoriais de diversas disciplinas horizontais: nos laboratórios de ensino e investigação do DEQ, DEM, DF, DBE do IST.*

*Algumas das aulas de laboratório e de demonstração em UCs mais específicas: nos laboratórios de apoio a atividades de investigação e de prestação de serviços do IST, onde são disponibilizadas técnicas de caracterização avançada de materiais, grandes equipamentos de ensaio e medição, e equipamentos específicos de processamento de materiais. Os alunos terão acesso livre aos Laboratórios de Tecnologias de Informação (LTI) do IST (com todos os meios físicos e virtuais disponíveis, incluindo acesso à b-on, Web of Knowledge, software específico, etc), bem como a laboratórios computacionais, salas de estudo 24 horas, bibliotecas, etc.*

### 7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

*Theoretical and practical lectures: in classrooms, at the Alameda campus of IST, with modern multimedia resources. Laboratory classes of several horizontal disciplines: in the teaching and research laboratories of DEQ, DEM, DF, DBE of IST.*

*Some of the laboratory and demonstration classes in more specific UCs: in laboratories to support research activities and service provision of IST, where advanced characterization techniques of materials, large test and measurement equipment, and specific material processing equipment are available.*

*Students will have free access to IST Information Technology Laboratories (LTI) (with all available physical and virtual resources, including access to b-on, Web of Knowledge, specific software, etc.), as well as computer labs, 24-hour study rooms, libraries, etc.*

### 7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

*As salas de aula estão equipadas com datashow, internet sem fios, etc.*

*Os LTIs estão equipados com computadores, datashow, impressoras, plotters, e software específico (ex: CES Edupack, Ansys).*

*Os laboratórios de apoio às disciplinas da responsabilidade do DEQ incluem laboratórios de química geral, analítica, orgânica. Os laboratórios da responsabilidade do DEM incluem equipamentos de ensaios mecânicos e ensaios não-destrutivos, bem como equipamentos de processamento (enformação, soldadura, fundição, fabricação aditiva, etc).*

*Os laboratórios da especialidade incluem preparação de materiais, diversas técnicas de caraterização microestrutural (DRX, microscopia ótica, espectroscopia de UV/visível), análise térmica. É ainda dado apoio em técnicas específicas através do Microlab (Unidade de Microscopia Eletrónica do IST) e do acesso a laboratórios de investigação*

(*espectroscopias (Raman, FTIR, Auger, etc), deposição assistida por laser, filmes finos, electroquímica, reologia, desgaste, etc*).

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

*The classrooms are equipped with datashow, wireless internet, etc.*

*LTIs are equipped with computers, datashows, printers, plotters, and specific software (e.g. CES Edupack, Ansys).*

*Laboratories supporting DEQ's disciplines include general, analytical, organic chemistry laboratories. DEM's responsibility laboratories include mechanical testing and non-destructive testing equipment, as well as processing equipment (forming, welding, casting, additive manufacturing, etc.).*

*Materials specific laboratories include material preparation, various microstructural characterization techniques (XRD, optical microscopy, UV/visible spectroscopy), thermal analysis. It is also supported in specific techniques through Microlab (Electron Microscopy Unit of IST) and access to research laboratories (spectroscopies (Raman, FTIR, Auger, etc.), laser-assisted deposition, thin films, electrochemistry, rheology, wear, etc.).*

## 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
CeFEMA - Centro de Física e Materiais Avançados	Muito Bom	50	4	
CQE - Centro de Química Estrutural	Excelente	180	16	
LAETA - Laboratório de Energia, Transportes e Aeronáutica / IDMEC	Excelente	105	10	

### 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/141bcea6-b2d6-ddd2-9b5e-5e78c1f8ad11>

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/141bcea6-b2d6-ddd2-9b5e-5e78c1f8ad11>

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.

- PEGASUS – Plasma Enabled and Graphene Allowed Synthesis of Unique Nano Structures, Horizon 2020 FETOPEN-RIA-2017-1, Projeto 766894, 2017-2021.

- LaserRepair – Innovative system for repairing of sanitary glazes by localized application of laser energy, SI I&DT Projeto em Co-Promoção, Projeto 33545, 2018-2021

- POSTEJO 4.0: Innovation for Diversification and SI I&DT Projeto em Co-Promoção, Projeto 33523, 2018-2021

- NanoMMC – Atomistic simulation of metal matrix nanocomposites

- Microstructure design of magnetoelectric materials

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.

- PEGASUS – Plasma Enabled and Graphene Allowed Synthesis of Unique Nano Structures, Horizon 2020 FETOPEN-RIA-2017-1, Project 766894, 2017-2021.

- LaserRepair – Innovative system for repairing of sanitary glazes by localized application of laser energy, SI I&DT Co-Promoted Projects, Project 33545, 2018-2021

- POSTEJO 4.0: Innovation for Diversification and Exportation, SI I&DT Co-Promoted Projects, Project 33523, 2018-2021

- NanoMMC – Atomistic simulation of metal matrix nanocomposites

**- Microstructure design of magnetoelectric materials**

## 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 são relativos à situação em junho.2019 (Fonte: Caracterização dos desempregados registados com habilitação superior – junho de 2019 – Tabela Geral).*

*Para comparação considerou-se a oferta formativa congénere ao nível do 1º ciclo das Universidades de Aveiro, Minho, Porto e Nova de Lisboa. Considerando o conjunto de diplomados entre 2010 e 2018, o desemprego varia entre 0% e 1,8%. Face a estes dados é legítimo considerar os níveis de desemprego desta oferta formativa como sendo residuais. Refira-se que a licenciatura em Engenharia dos Materiais que funcionou no IST até à criação do Mestrado Integrado, não apresenta desempregados (0%).*

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

*Data on unemployment for graduates from DGEEC were considered. The most recent data are related to the situation in June 2019 (Source: Characterization of the unemployed registered with higher qualification - June 2019 - General Table).*

*For comparison, we considered the similar formative offer at the level of the 1st cycle of the Universities of Aveiro, Minho, Porto and Nova de Lisboa. Considering the number of graduates between 2010 and 2018, unemployment varies between 0% and 1.8%. In view of these data, it is legitimate to consider the levels of unemployment of this training offer to be residual.*

*It should be noted that the degree in Materials Engineering that worked at IST until the creation of the Integrated Master's Degree does not present unemployed (0%).*

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

*É de esperar que a capacidade de atração de alunos do novo Ciclo de Estudos venha a apresentar resultados semelhantes aos do Ciclo de Estudos actual (Mestrado Integrado).*

*Nos dois últimos anos letivos, houve 271 e 261 candidatos para as 25 vagas existentes. A percentagem de candidatos que colocaram o atual Mestrado Integrado em 1ª opção aumentou de 9% (25) para 12% (32). A Nota Mínima de seriação foi nos dois últimos anos letivos 160,3, enquanto que a Nota Média de seriação se manteve nos 166,7. Comparando com as Notas Mínimas de seriação nas várias Universidades Portugueses que oferecem formação em Engenharia de Materiais, o IST apresenta a nota mais alta (Universidade do Porto – 157,8; Universidade Nova de Lisboa – 151,8; Universidade do Minho – 150,0; Universidade de Aveiro – 139,0).*

### 9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

*It is to be expected that the attractiveness of students of the new Cycle of Studies will present results similar to those of the current Cycle of Studies (Integrated Master).*

*In the last two academic years, there have been 271 and 261 candidates for the 25 existing vacancies. The % of candidates who placed the current Integrated Master's degree in 1st option increased from 9% (25) to 12% (32). The Minimum Grade of seriality was in the last two academic years 160.3, while the Average Grade of seriality remained at 166.7. Comparing with the Minimum Serialgrades in the various Portuguese Universities that offer training in Materials Engineering, IST presents the highest score (University of Porto - 157.8; New University of Lisbon - 151.8; University of Minho - 150.0; University of Aveiro - 139.0).*

### 9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

*Não existem parcerias específicas com outras instituições da região.*

### 9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

*There are no specific partnerships with other institutions in the region.*

## 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:

**Há ciclos de estudos em Engenharia de Materiais com estrutura e duração similares em diversas Universidades**

**Europeias:**

- *École Polytechnique Fédérale de Lausanne*
- *Grenoble Institute of Technology*
- *Karlsruhe Institute of Technology*
- *Aalto University*
- *Politécnico di Torino*
- *Universitat Politècnica de Catalunya*
- *Imperial College*
- *University of Manchester*

**A análise das ofertas formativas nesta área em Universidades Europeias e Americanas de referência revela ainda que para além da formação em Engenharia de Materiais, são oferecidas formações mais especializadas (Materiais para Aeronáutica, Materiais para Energia Nuclear, Materiais Funcionais, Materiais para Biotecnologia e Medicina, Materiais para Microeletrónica e Microtecnologia, etc).**

#### **10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:**

**There are cycles of studies in Materials Engineering with similar structure and duration in several European Universities:**

- *École Polytechnique Fédérale de Lausanne*
- *Grenoble Institute of Technology*
- *Karlsruhe Institute of Technology*
- *Aalto University*
- *Politécnico di Torino*
- *Universitat Politècnica de Catalunya*
- *Imperial College*
- *University of Manchester*

**The analysis of training offers in this area in European and American reference Universities also reveals that in addition to training in Materials Engineering, more specialized training (Aeronautical Materials, Materials for Nuclear Energy, Functional Materials, Materials for Biotechnology and Medicine, Materials for Microelectronics and Microtechnology, etc.) are offered.**

#### **10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:**

**A importância da Engenharia de Materiais tem crescido nas últimas décadas, com o reconhecimento de que a disponibilidade de novos materiais é essencial para fazer face aos desafios das sociedades contemporâneas e que abrangem os diversos setores económicos. Uma visão moderna da Engenharia de Materiais, perspetivando o futuro, requer uma abrangência de ideias, métodos e técnicas que pressupõe um elevado nível de interdisciplinaridade e abrangência. Este ciclo de estudos visa fornecer ao estudantes:**

- **uma sólida formação básica nas mais diversas áreas da Engenharia de Materiais**
- **competências de expressão oral, escrita e de comunicação**
- **capacidade de tomar decisões racionais**
- **capacidades de gestão, planeamento, organização e trabalho em equipa**
- **capacidades intelectuais de modo a que a aquisição de conhecimentos não se esgote no curso, mas se mantenha ao longo da vida**

**Estes objetivos estão em perfeita consonância com os definidos nos cursos das melhores Universidades Europeias.**

#### **10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:**

**The importance of Materials Engineering has grown in recent decades, with the recognition that the availability of new materials is essential to meet the challenges of contemporary societies and that cover the various economic sectors. A modern vision of Materials Engineering, looking to the future, requires a comprehensive range of ideas, methods and techniques that requires a high level of interdisciplinarity and coverage. This cycle of studies aims to provide students with:**

- **a solid basic training in the most diverse areas of Materials Engineering**
  - **oral, written and communication skills**
  - **ability to make rational decisions**
  - **management, planning, organization and teamwork capabilities**
  - **intellectual capacities so that the acquisition of knowledge is not exhausted in the course, but remains throughout life**
- These objectives are perfectly in line with those defined in the courses of the best European Universities.**

## **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 - NA

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

NA

##### 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:

NA

##### 11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:

NA

## 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:

- *Sólida formação em Ciências Básicas (Matemática, Física e Química)*

- **Sólida formação em Ciências de Engenharia, em particular em Ciências de Engenharia de Materiais**
- **Formação de espectro largo**
- **Formação específica assegurada maioritariamente por docentes do DEM e do DEQ, assegurando uma visão multidisciplinar**
- **Corpo docente altamente qualificado**
- **Inserção num meio científico rico e diversificado**
- **Fomenta a capacidade de trabalho individual e em equipa**
- **Estimula a criatividade e o espírito de iniciativa dos alunos**
- **Incentiva a capacidade para (auto)aprendizagem ao longo da vida**

#### 12.1. Strengths:

- **Solid background in Basic Sciences (Mathematics, Physics and Chemistry)**
- **Solid training in Engineering Sciences, in particular in Materials Engineering Sciences**
- **Broad spectrum training**
- **Specific training provided mainly by DEM and DEQ professors, ensuring a multidisciplinary vision**
- **Highly qualified faculty**
- **Insertion in a rich and diversified scientific environment**
- **Promotes individual and teamwork capacity**
- **Stimulates the creativity and spirit of initiative of students**
- **Encourages the ability to (self)lifelong learning**

#### 12.2. Pontos fracos:

- **Apesar da relevância do curso para o mercado, e muito embora tenha melhorado nos últimos anos, a atratividade à entrada do curso, sendo das maiores a nível nacional, é inferior à de outros cursos do IST**

#### 12.2. Weaknesses:

- **Despite the relevance of the course to the market, and although it has improved in recent years, the attractiveness of the course entry, being one of the largest at the national level, is lower than that of other courses of IST**

#### 12.3. Oportunidades:

- **Possibilidade dos licenciados em Engenharia de Materiais desenvolverem trabalho em diversas áreas**
- **Reconhecimento social da formação em Ciências de Engenharia de Materiais conferida pelo IST**
- **Mercados globais e internacionalização**

#### 12.3. Opportunities:

- **Possibility for bachelors in Materials Engineering to develop work in several areas**
- **Social recognition of the training in Materials Engineering Sciences conferred by IST**
- **Global markets and internationalization**

#### 12.4. Constrangimentos:

- **Captação de alunos essencialmente regional / local**
- **Existência na região de ciclos de estudo com formações concorrentes**

#### 12.4. Threats:

- **Attracting essentially regional/local students**
- **Existence in the region of cycles of studies with competing formations**

#### 12.5. Conclusões:

**O conhecimento básico de Ciência de Materiais é suportado por uma sólida formação em ciências fundamentais (matemática, física, química), ciências de engenharia (termodinâmica, fenómenos de transporte, desenho e modelação geométrica, computação e outras) e gestão. Ao contrário da maioria dos ciclos de estudos na área dos Materiais existente no país, a formação pretendida no âmbito do curso é de espectro largo pelo que no plano curricular proposto existem UCs em que são abordadas as várias classes de materiais (metais, cerâmicos, polímeros e compósitos). Apesar dos alunos não adquirem competências que lhes permitam trabalhar como Engenheiros de Materiais, a formação adquirida em Ciência de Materiais é sólida, o que lhe permitirá desenvolver trabalho em diversas áreas, onde não seja necessário o título de Engenheiro, conferindo ainda uma sólida formação para persecução de um 2º ciclo de estudos na área de Engenharia de Materiais ou outra.**

#### 12.5. Conclusions:

**The basic knowledge of Materials Science is supported by a solid background in fundamental sciences (mathematics, physics, chemistry), engineering sciences (thermodynamics, transport phenomena, geometric design and modeling,**

***computing and others) and management. Unlike most cycles of studies in the area of materials existing in the country, the desired training within the course is broad spectrum so in the proposed curriculum there are UCs in which are addressed the various classes of materials (metals, ceramics, polymers and composites). Although students do not acquire skills that allow them to work as Materials Engineers, the training acquired in Materials Science is solid, which will allow them to develop work in several areas, where it is not necessary the title of Engineer, also conferring a solid training for the pursuit of a 2nd cycle of studies in the area of Materials Engineering or another.***